

प्रकाश
विहार-राष्ट्रभावा-परिषद्
सम्मेलन-सदन
पटना-३

प्रथम संस्करण, वि०सं० २०११, सन् १९५५ ईसवी
सर्वोपकार सुरक्षित

मूल्य ३।।) : सविन्द ४।।)

मुद्रक
सदन स्थान मुद्रा, बी० एच-सी०
देवविहारी प्रेस, इलाहाबाद

वक्तव्य

परमात्मा की सृष्टि का सौन्दर्य बड़ा कुतूहल-जनक है। इधर पृथ्वी पर वन-यवत की सपन नीलिमा के साथ-साथ अग्राध रत्नाकर का भी अनन्त विस्तार है, उधर नयनाभिराम नभोमण्डल असंख्य ज्योतिष्क पिण्डों से अलंकृत और जगमग है। विश्व ब्रह्माण्ड की इस विलक्षण शोभा का चिन्तनमात्र जहाँ साधारण मनुष्य के मस्तिष्क को चकित और मूग्ध-स्तब्ध कर देता है, वहाँ ज्योतिर्विज्ञानवेत्ता विद्वान् उस शोभा के रहस्य का उद्घाटन करके विस्मित मनुष्य के आनन्द की अभिवृद्धि कर देते हैं। इस बात का प्रमाण प्रस्तुत पुस्तक में मिलेगा।

सृष्टितत्त्वविद्-भार्यात्मिक साहित्यकारों के मतानुसार भूगोल और खगोल—दोनों ही परमात्मा के रचे हुए रमणीय महाकाव्य हैं। जो विज्ञानविचक्षण हैं, वे इन महाकाव्यों के तत्त्व-विश्लेषण के मर्मज्ञ हैं और जो साहित्यस्रष्टा हैं, वे इनके बाह्याम्पन्तरसौन्दर्य के रसज्ञ हैं। इस पुस्तक में वैज्ञानिकता और साहित्यिकता का किञ्चित् मिश्रण होने से गहन विषय भी रोचक बन गया है।

परिपद् की ओर से प्रतिवर्ष विभिन्न विषयों पर विशेषज्ञ विद्वानों के भाषण कराये जाते हैं, जो फिर पुस्तक-रूप में प्रकाशित भी होते हैं। इस पुस्तक में डाक्टर गोरखप्रसाद के भाषणों का समावेश है। सन् १९५३ ई० में ३१ अगस्त से उनकी भाषणमाला का आरंभ हुआ था। परिपद् के अनुरोध से उन्होंने पटना-सायन्स-कालेज के फिजिक्स लेक्चर-यिएटर में ये व्याख्यान दिये थे। इनको प्रकाशचित्रों के सहारे उन्होंने जैसा आवश्यक बना दिया था, इस पुस्तक को भी उन्होंने आवश्यक चित्रों से वैसा ही बना दिया है।

डाक्टर गोरख प्रसाद जी हिन्दी-संसार के यशस्वी विज्ञानशास्त्री लेखक हैं। उनके 'सौर परिवार' और 'फोटोग्राफी' नामक दोनों ग्रन्थ हिन्दी-साहित्य-जगत् में बहुत पहले ही सम्मानित और पुरस्कृत हो चुके हैं। प्रयाग की विज्ञान-परिपद्-जैसी प्रतिष्ठित संस्था के संचालकों में वे अन्यतम हैं। काशी के हिन्दू-विश्वविद्यालय में वे भारत के विश्वविख्यात गणित-विज्ञानाचार्य डाक्टर गणेशप्रसाद के प्रिय शिष्यों में थे। लगभग तीस वर्षों से वे प्रयाग-विश्वविद्यालय में 'रीडर' हैं। उनकी विद्वत्ता और कीर्ति हिन्दी के लिए निस्सन्देह गौरव-वर्द्धक है। हिन्दी के वैज्ञानिक साहित्य की श्रीवृद्धि के लिए परमात्मा उन्हें विरायु बरें, परिपद् की यही शुभकामना है।

यह पुस्तक स्वयं लेखक ने ही अपनी देखरेख में छपवाई है। इसलिए इसकी प्रामाणिकता असंदिग्ध है। आशा है कि लेखक की ख्याति इस पुस्तक को भी प्राप्त होगी।

भूमिका

बिहार-राष्ट्रभाषा-परिषद् ने जब मुझे विमी वैज्ञानिक विषय पर पाँच व्याख्यान देने के लिए आमंत्रित किया तब मैंने सहर्ष स्वीकार किया। अपनी सौर-परिवार नामक पुस्तक प्रकाशित हो जाने के बाद मैं अनुभव कर रहा था कि ज्योतिष-मंसार के अन्यान्य ज्ञातव्य विषयों पर भी गवेषणात्मक रीति से कुछ लिखा जाना चाहिए। यद्यपि व्याख्यानमाला में उन सब विषयों का समावेश नहीं है, तथापि हिन्दी में नवीन ज्योतिष-साहित्य के अभाव की कुछ पूर्ति इससे अवश्य होगी।

इस पुस्तक से मोहारिकाओं और विद्व-रचना के संबन्ध में आधुनिक खोजों तथा निर्णयों की झलक मिलेगी। मेरा उद्देश्य केवल यह नहीं रहा है कि उन खोजों और निर्णयों का अन्तिम परिणाम बता दूँ, प्रत्युत् मेरा लक्ष्य यह रहा है कि उन परिणामों पर ज्योतिषी कैसे पहुँचे हैं, यह भी पाठकों को बता दूँ। आशा है, मैं इसमें कुछ सीमा तक सफल हो सका हूँ।

इस पुस्तक में कहीं भी उच्च गणित के चक्कर में पाठकों को नहीं फँसना पड़ेगा, कहीं भी उन्हें जटिल विवेचनों की उलझनों में नहीं अटकना पड़ेगा। मेरा अनुमान है कि यह पुस्तक शान्तवर्धक और साथ ही रोचक सिद्ध होगी।

इस पुस्तक में दिये गये वेद्यमालाओं के तीन चित्र मेरी पुस्तक 'सौर-परिवार' से लिये गये हैं। उनके ब्लाक हिन्दुस्तानी ऐकडेमी (प्रयाग) से मिले हैं; इस कृपा के लिए मैं उनका मंसूका का आभारी हूँ।

बेली ऐवेन्यू,
प्रयाग

५ मार्च, १९५५

गोरेलप्रसाद

विषय-सूची

पृष्ठ

प्रथम अध्याय—ज्योतिषियों के यंत्र

नीहारिकाएँ क्या हैं	..	..	..	३
दूरदर्शक	..	..	..	५
दूरी नापना	..	..	..	६
अति दूरस्थ तारों की दूरियाँ	..	..	..	८
प्रकाश-वर्ष	..	..	..	८
नीहारिकाओं की दूरियाँ	..	..	..	८
बर्गपट	..	..	..	९
फोटोग्राफी	..	..	..	११
निजी गति	..	..	..	११
छील	..	..	..	११
नाप	..	..	..	१२
धरणी	..	..	..	१२
इतिहास	..	..	..	१३
नीहारिकाओं की फोटोग्राफी का इतिहास	..	..	..	१४

द्वितीय अध्याय—निकटतम नीहारिकाएँ

मैगिलन मेघ	..	..	..	१६
मैगिलन मेघों में संबंध	..	..	..	१८
ब्रह्मांड	..	..	..	१९
कोरी आँख से आकाशगंगा	..	..	..	२०
दूरदर्शक से आकाशगंगा	..	..	..	२०
फोटोग्राफ में आकाशगंगा	..	..	..	२२
आकाशगंगा का रूप	..	..	..	२३
पड़ोस के तारे	..	..	..	२३
देवयानी नीहारिका	..	..	..	२४
नाप	..	..	..	२५
मैग्निट्यूड ३३	..	..	..	२६
देवयानी नीहारिका की छील	..	..	..	२६

तृतीय अध्याय—नीहारिकाओं की आतियाँ

नीहारिकाओं का वर्गीकरण	..	..	..	२८
गाय नीहारिकाएँ	..	..	..	२८
प्रभूत नीहारिकाएँ	..	..	..	२८
नीहारिकाओं की गति	..	..	..	३०
फटने-बड़ने वाली नीहारिकाएँ	..	..	..	३०

काली नीहारिकाएँ	३०
अन्तर्तारकीय गैस	३३
काली नीहारिकाओं की दूरी	३४
ग्रहीय नीहारिकाएँ	३४
ग्रहीय नीहारिकाओं का वर्णपट	३५
उत्पत्ति	३६
तारापुंज	३६
तारापुंजों की जातियाँ	३९
गग तारापुंज	४०
वर्णपट और निजी गति	४०
गग तारापुंजों का विवरण	४०
गोलाकार तारापुंज	
गोलाकार तारापुंजों का संगठन आदि	

चतुर्थ अध्याय—अगम नीहारिकाएँ

अगम नीहारिकाओं की जातियाँ	४३
नीहारिकाओं का विवास	४४
वितरण	४५
नीहारिका-पुंज	४६
स्थानीय समूह	४७
कन्या तारामंडल में नीहारिका पुंज	५०
खोज जारी है	५१
नीहारिकाओं का घूमना	५२
तारे कैसे चमकते हैं	

पञ्चम अध्याय—उत्पत्ति

अगम नीहारिकाएँ हम से दूर जा रही हैं	५५
विश्व की उत्पत्ति	५६
लाप्लास का नीहारिका-सिद्धान्त	५७
जीन्स का सिद्धान्त	५८
तारों की उत्पत्ति	५९
तारापुंजों की उत्पत्ति	६०
ग्रहों की उत्पत्ति	६१
ज्वार भाटा-सिद्धान्त	६२
अन्य सौर जगतों की सम्भावना	६२
भविष्य	६४
सारांश	

नीहारिकाएँ

प्रथम अध्याय ज्योतिषियों के यंत्र

नीहारिकाएँ क्या हैं—स्वच्छ अँधेरी रात्रि में अनेक जगमगाते तारे दिखायी पड़ते हैं। अनादि काल से मनुष्य आश्चर्य करता रहा है कि वे क्या हैं। इतना तो प्राचीन काल के लोगों ने भी अनुमान कर लिया कि वे अत्यंत तप्त और स्वयं दीप्तिमान हैं। उन्होंने यह भी देख लिया था कि आकाशीय पिंडों में से खार-बीच में एक विशेषता है, यह कि वे अन्य तारों के बीच चलते रहते हैं। उनको ग्रह कहा जाता है। कभी-कभी पूँछवाले तारे भी दिखायी पड़ते हैं। ग्रहों के समान ये भी तारों के बीच चलते रहते हैं। इसलिए ये भी वस्तुतः तारे नहीं हैं। इनके अतिरिक्त आकाश में तारों से पट्टी हुई एक मेखला-सी दिखायी पड़ती है, जिसे लोग आकाश-गंगा कहते हैं। इसे बृहद्, आकाश जनेऊ, आकाश नदी, मंदाकिनी, स्वर्गदी, सुखदीपिका इत्यादि भी कहते हैं। अँग्रेजी में इसे मिलकी वे (Milky way) या गैलेक्सी (galaxy) कहते हैं। मिलकी वे का अर्थ है 'दूधिया मार्ग'। गैलेक्सी शब्द यूनानी धातु गैला से निकला है, जिसका अर्थ भी दूध है। तारों के हिमाव से आकाश-गंगा स्थिर है। कोरी आँख से इसमें तारे पृथक्-पृथक् नहीं दिखायी पड़ते, परन्तु बड़े दूरदर्शकों से फोटोग्राफ लेने पर इसमें अवंस्य तारे दिखायी पड़ते हैं। दक्षिणी आकाश में दो वस्तुएँ और भी दिखायी पड़ती हैं, जो आकाश-गंगा के टुकड़े-जैसी जान पड़ती हैं। प्रसिद्ध पोर्चुगाली नाविक मॅगिलन (लगभग १४८०-१५२१) के नाम पर ये रिड मॅगिलन-मेघ (Magellanic clouds, मॅगिलन के बादल) कहलाते हैं। ये आकाशीय वस्तु पृथ्वी के दक्षिणी गोलार्ध से ही दिखायी पड़ते हैं। भारत से ये नहीं देखे जा सकते।

मॅगिलन-मेघ की ही जाति के, परन्तु उनसे बहीं छोटे, दो रिड और आकाश में दिखायी पड़ते हैं, एक तो देवयानी (एंड्रोमिडा) तारामंडल में और दूसरा तिमूज (ड्राबंगुलम) तारामंडल में। ये दो, और दो मॅगिलन-मेघ ये चारों निहारिकाएँ हैं। नीहारिकाएँ उन आकाशीय वस्तुओं को कहते हैं जो तारों की तरह ही चमकीले हैं। परन्तु बिंदु-नरीसे न होकर कुछ दूर तक विलुप्त हैं। नीहारिका की अँग्रेजी में नेब्युला (nebula) कहते हैं और दोनों शब्दों का अर्थ एक ही है, अपांन कुहवा, कुहरा। कोरी आँख से केवल पूर्वोक्त नीहारिकाएँ ही दिखायी पड़ती हैं; परन्तु दूरदर्शक की सहायता से लाखों नीहारिकाओं का पता चला है। अनुमान किया गया है कि माउंट विलसन के १०० इंच वाले दूरदर्शक से, जो कुछ ही वर्ष पहले तक सगर का सबसे बड़ा दूरदर्शक था, १० करोड़ से भी अधिक नीहारिकाओं का पता चल सकता है। वर्तमान सबसे बड़ा दूरदर्शक २०० इंच व्यास का है, परन्तु अभी इससे पूरा काम नहीं लिया जा सका है। इससे आकाश का निरीक्षण करने पर समझतः कई अरब नीहारिकाओं का पता चलेगा। कुछ लोग नीहारिकाओं की संख्या को समझतः बिना न समझेंगे, क्योंकि वे समझते हैं कि तारों की संख्या अमन्य है और यदि उनके बीच १० करोड़ नीहारिकाएँ भी विलुप्त-मान हैं तो कौन बड़ी बात है। परन्तु तिर्यग ऐसी नहीं है। स्वच्छ-से-स्वच्छ रात्रि में तीन हजार

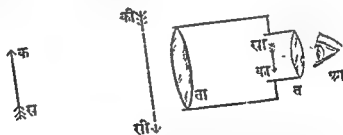
नीहारिकाएँ

४

से अधिक तारे नहीं दिखायी पड़ते। प्रथम दृष्टि में तारे असंख्य अवश्य जान पड़ते हैं; परंतु यदि आप एक दूसरे के पास तीन तारे चुन लें और उनमें बने त्रिभुज के भीतर के सब तारों को गिनें तो आप को पता चलेगा कि क्रमबद्ध ढंग से काम करने पर तारों की गिनती सुगमता से की जा सकती है। वस्तुतः कोरी बौल से दिखायी पड़नेवाले सब तारों की सूची बन गयी है। गिनती में वे ६,००० से कुछ कम ही हैं। तारों को विविध मंडलों (constellations) में बाँट दिया गया है और प्रत्येक तारे के लिए क्रमांक या नाम नियत कर दिया गया है। दूर-दूर तक से अवश्य बहुत-ही अधिक तारे दिखायी पड़ते हैं; परंतु नीहारिकाओं की संख्या का १० करोड़ होना ध्यान देने योग्य बात है।

आकाश में बाली, अर्थात् प्रकाशहीन, नीहारिकाएँ भी हैं। प्रकाशयुक्त तारों और नीहारिकाओं को छिपा देने के कारण ही वे हमें प्रत्यक्ष होती हैं।

छोटे दूरदर्शकों में नीहारिकाएँ दूरस्थ पुच्छलतारों-सी जान पड़ती हैं, परंतु वे उनसे विभिन्न इस बात में हैं कि पुच्छलतारे तारों के बीच चलते रहते हैं और नीहारिकाएँ निश्चल रहती हैं। नीहारिकाओं की प्रथम सूची फ्रांस के चार्ल्स मेसिये (Charles Messier) ने आज से कोई पैंने दो सौ वर्ष पहले बनायी थी; परंतु उसे नीहारिकाओं में रुचि नहीं थी। यह पुच्छल तारों की खोज में रहा करता था और नीहारिकाओं के कारण उसे बहुधा भ्रम हो जाता करता था। अवश्य ही, पुच्छल तारे अन्य तारों के सापेक्ष चलते हैं; परंतु उनके चलने, न चलने, का पता कई दिन तक तैय्य करते रहने पर लगता है। नीहारिकाओं की सूची रहने से मेसिये तुरंत बता सकता था कि दूरदर्शक में दिखायी पड़नेवाली वस्तु कोई नवीन पुच्छलतारा है या पुरानी

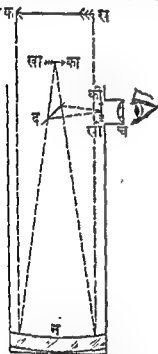


बराब तालमय दूरदर्शक में एक घमान ताल ता रहता है और एक चक्राकार त। दूरस्थ तार कल की दृष्टि का ला पर बनती है जो या पर चली बगाने से बड़ी हो कर की की पर दिखायी देती है।

नीहारिका। मेसिये के पुच्छलतारा सबंधी आविष्कारों की खोज अब प्रायः मूल गये हैं, परंतु उल्ला नाम उग नीहारिका-सूची के कारण अमर हो गया है जिसे स्वयं वह नगण्य समझता था। प्रमुख नीहारिकाएँ आज भी अपनी मेसिये क्रम-संख्या से इंगित की जाती हैं।

दूरदर्शक—नीहारिकाओं के विशेष अध्ययन के पहले यह समझ लेना अच्छा होगा कि दूरदर्शक क्या है, नीहारिकाओं की दूरी कैसे नापी जाती है, उनके वेग का पता कैसे चलता है और उनकी रासायनिक संरचना का ज्ञान हमें कैसे होता है।

इन दिनों दूरदर्शक द्वारा आँख से देखने के बदले साधारणतः दूरदर्शक से फोटो लिया जाता है। दूरदर्शक दो प्रकार के होते हैं, एक तो तालयुक्त और दूसरा दर्पणयुक्त। तालयुक्त दूरदर्शक तो फोटोग्राफर के साधारण कैमरे के समान ही होता है, केवल नाप में बहुत बड़ा होता है। स्वातन्त्र्यमुखाय साधारण फोटोग्राफ लेनेवालों के कैमरे का ताल (लेंज) टेढ़ी-सी इंच या कम व्यास का होता है; परंतु नीहारिकाओं की फोटोग्राफी के लिए प्रयुक्त ताल का व्यास



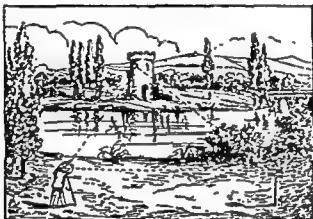
दर्पणयुक्त दूरदर्शक
दर्पणयुक्त दूरदर्शक में एक ननोदर दर्पण न रखा है जिससे दूरस्थ वस्तु का छवि मूर्ति काया पर बन सकती है, परंतु दर्पण के कारण कीली पर बनती है। फिर यंत्राण के वह प्रकाश का से दिखाने पड़ती है।

नहीं है। आवश्यकतानुसार उन्हें मोटा बनाया जा सकता है। इतना ही नहीं, उनकी पीठ में रीढ़ें डाली जा सकती हैं जो दर्पण को मुड़कर देती हैं। हाल में ही २०० इंच व्यास का दर्पणयुक्त दूरदर्शक बना है। इसके दर्पण में रीढ़ें लगी हैं।

४० इंच तक होता है। संसार के सबसे बड़े तालयुक्त दूरदर्शक के ताल का व्यास ४० इंच है। दूरदर्शक की लंबाई भी साधारण कैमरों की लंबाई से बहुत अधिक होती है, परंतु प्लेट या फिल्म उसी अनुपात में बड़ा नहीं होता। कारण यह है कि बड़ा फोटोग्राफ लेने पर तीक्ष्णता केवल बीच में आती है, और इसलिए ज्योतिषी केवल बीच के भाग में ही अपना प्लेट लगाता है। इसीलिए ज्योतिषी का दूरदर्शक कैमरे की आकार का न होकर लंबे तोप-जैसा होता है।

दर्पणयुक्त दूरदर्शक में ताल के बदले एक ननोदर दर्पण रहता है; यह वही काम करता है जो ताल करता है। ताल तारे से चली अपने ऊपर पड़नेवाली सत्र प्रकाश-रश्मियों को मोड़ कर एक बिंदु पर एकत्र कर देता है और इस प्रकार तारे की मूर्ति या प्रतिबिम्ब बनाता है। ननोदर दर्पण भी तारे से आई प्रकाश-रश्मियों को एक बिंदु पर एकत्र करके मूर्ति बनाता है। इस मूर्ति को फोटोग्राफी के प्लेट पर पड़ने देने से फोटो खिंच जाता है। बड़े दूरदर्शक सत्र दर्पणयुक्त ही बनते हैं। कारण यह है कि थालीम इंच से बड़ा ताल अपने ही भार से कुछ लच जागा है और इसलिए फोटोग्राफ बिगड़ हो जाता है। ताल को बहुत मोटा बना नहीं सकते, क्योंकि उसके आर-पार प्रकाश जाना चाहिए। मोटाई बढ़ने से उनकी पारदर्शकता कम हो जाती है। दूसरी ओर, दर्पणों में मोटाई की कोई सीमा

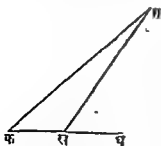
तारों तथा अन्य आकाशीय पिण्डों की फोटोग्राफी में एक विशेष बट्टिनाई पड़ती है, जो भूमि पर स्थिति जड़ पदार्थों की फोटोग्राफी में नहीं पड़ती। यह यह है कि तारे सदा चलते रहते हैं। सूर्य अथवा चंद्रमा की भाँति वे भी प्रतिदिन पूर्व में उदय होते हैं और पश्चिम में अस्त होने हैं। इस बट्टिनाई पर ज्योतिषी ने विजय अपने दूरदर्शक को घड़ी-चालित बना कर पायी है। जिस वेग से तारा आकाश में चलता रहता है, ठीक उसी वेग से दूरदर्शक भी घूमता रहता है। यश इनका सच्चा बना रहता है कि तनिक भी खरबराहट नहीं उत्पन्न होती। -



दूरस्थ वस्तु की दूरी नापना

जब क्षेत्रमापक की किसी बत्ती दूरस्थ वस्तु की दूरी नापनी रहती है
तब वह दो स्थानों से वस्तु को देख करता है।

प्रमाण दूरदर्शक के साथ एक दूसरा दूरदर्शक भी बंधा रहता है। ज्योतिषी उससे तारे को बराबर देखता रहता है। यदि तारे के हिमाव से दूरदर्शक क्षेत्रमापक भी शीघ्र या मंद चलना आरम्भ करता है तो बिजली का बटन दबा कर वह वेग को ठीक कर लेता है।



दूरी नापने का सिद्धान्त

यदि क्षेत्र मापक, य और दूरी के बीच का कोण
कई तो सिद्ध कर सकते हैं दूरी के बीच का
कोण को है।

दूरी नापना—नीहारिकाओं की दूरियाँ अरब-लख मील से भी अधिक है। ये दूरियाँ आश्चर्यजनक तो हैं ही; परंतु इनका नाप जाना और भी आश्चर्यजनक है और फिर ये रीतियाँ ऐसे सरल सिद्धान्तों पर आधिन हैं जिन्हें सभी समझ सकते हैं।

जब क्षेत्रमापक की किसी बत्ती दूरस्थ वस्तु की दूरी नापनी रहती है, जिससे पास वह पहुँच नहीं सकता, तब वह दो सुविधाजनक बिंदु चुन कर उनके बीच की दूरी को मूँडभना से नाप लेता है। मान लो, ये बिंदु क और ख हैं। मान लो, दूरस्थ वस्तु ग पर है। यदि क ल की दिशा में घ कोई बिंदु है तो क्षेत्रमापक कोण

घ ख ग और कोण घ क ग को नापता है। क ख की लंबाई और पूर्वोक्त दोनों कोणों की नापें ज्ञात होने पर उसे त्रिभुज क ख ग को एक भुजा और दो कोण ज्ञात हो जाते हैं और इसलिए वह क ग की गणना सुगमता से कर लेता है। इसमें उच्च गणित की आवश्यकता नहीं है; हाई स्कूल तक ज्यामिति पढ़ा कोई भी विद्यार्थी त्रिभुज क ख ग को पैमाने के अनुसार बना कर क ग का मान ज्ञात कर सकता है।

इसी रीति से ज्योतिषी मंगल अथवा अन्य किसी निकटस्थ अवांतर ग्रह* की दूरी नापता है। कठिनाई केवल इस बात में पड़ती है कि कोण घ ख ग और घ क ग प्रायः एक ही निकलते हैं और इसलिए रेखाएँ क ग और ख ग प्रायः समानांतर रहती हैं। कोणों के नापने में तनिक भी त्रुटि होने से दूरी क ग में बहुत-सा अन्तर पड़ जाता है। इसलिए दूरी अनिश्चित हो जाती है। इस का बहुत-कुछ प्रतिकार क ख को खूब लंबा लेने से हो जाता है। परंतु क ख की लंबाई की भी एक सीमा है। रेखा क ख पृथ्वी के व्यास से बड़ी तो हो ही नहीं सकती। इसे प्रायः पृथ्वी के व्यास के बराबर लेकर और अत्यंत सावधानी से तथा दक्षिणावर्ती दूरदर्शकों का प्रयोग करके फोटोग्राफ लिये गये हैं और उन फोटोग्राफों को सूक्ष्मदर्शक की सहायता से नाप कर एराॉस (Eros) नामक छोटे ग्रह की दूरी का पता चलाया गया है। इस दूरी के ज्ञात होते ही सूर्य की दूरी का पता चल जाता है, क्योंकि सिद्धान्ततः एराॉस और सूर्य की दूरियों का अनुपात हम जानते हैं। इस प्रकार पता चला है कि सूर्य हमसे लगभग सवा नौ करोड़ मील पर है।

अब मान लीजिए कि ऊपर के चित्र में क पृथ्वी की किसी स्थिति को सूचित करता है। पृथ्वी सूर्य की परिक्रमा करती है और इसलिए ६ महीने में वह सूर्य के उस पार ख पर पहुँच जाती है। इस प्रकार क ख लगभग सवा नौ करोड़ मील के दुपुने के बराबर है। ज्योतिषी क और ख से किसी तारे ग की दिशाओं को, अपने बड़े दूरदर्शकों से लिये गये फोटोग्राफों में, सूक्ष्मदर्शक से नापता है; उन दिशाओं के अंतर से उसे कोण ग ख घ और ग क घ का अंतर ज्ञात हो जाता है। फिर, ज्योतिषी कोण ग क घ को सुगमता से नाप लेता है। इस प्रकार वह त्रिभुज क ख ग से क ग को, अर्थात् तारे के दूरी को, नाप लेता है। निकटस्थ तारों की दूरी नापने का यही सिद्धान्त है। तारों की दूरी नापने की इस रीति को त्रिकोणमितीय रीति कहते हैं। केवल कुछ ही निकटस्थ तारों की ही दूरियाँ इस प्रकार नापी जा सकी हैं, क्योंकि दूरस्थ तारों की दिशाएँ क से भी और ख से भी इतनी बराबर रहती हैं कि उनका अंतर वेध के अनिवार्य त्रुटियों से ढक जाता है और तारे की दूरी को गणना व्यर्थ हो जाती है। परंतु कुछ ही तारों की दूरियाँ ठीक से ज्ञात हो जाने पर हम, नवीन रीतियों से, अन्य तारों की दूरियों की तुलना ज्ञात दूरियों से कर सकते हैं। अब इन रीतियों पर विचार करने के पहले हमें यह देख लेना चाहिए कि निकटस्थ तारे कितनी दूर हैं।

सबसे पास का तारा भी हमसे लगभग 3×10^4 मील पर है, अर्थात् उसकी दूरी लगभग

३,००,००,००,००,००,००० मील

* मंगल और बुधराशि की दशाओं के बीच अनेकानेक छोटी-छोटी ग्रहों की अवांतर ग्रह रहते हैं।

है। यदि हम तारों, सूर्य और पृथ्वी का मानचित्र पमाने के अनुसार बनाना चाहें और उसमें हम पृथ्वी को मुई की नोक के बराबर बिंदु से निरूपित करें, अर्थात् पृथ्वी को $1/100$ इंच व्यास के बिंदु से निरूपित करें, तो निकटतम तारा पृथ्वी से ६०० मील पर पड़ेगा !

अति दूरस्थ तारों की दूरियाँ—कुछ तारे हमें सब चमकीले दितायी पड़ते हैं, अधिकांश बहुत मंद। यह क्यों ? निःसंदेह तारों में कुछ अपेक्षाकृत हमारे निकट हैं, अधिकांश उनसे कई गुनी अधिक दूरी पर हैं। परंतु यह भी तो हो सकता है कि सब तारे एक ही वास्तविक चमक के न हों। दूसरे शब्दों में, यदि सब तारे एक ही दूरी पर खड़े कर दिये जायें तो क्या वे सब एक ही चमक के होंगे ? कदापि नहीं; कुछ बहुत चमकीले होंगे, कुछ कम, कुछ इतने मंद प्रकाश के कि वे कठिनाई से दिखाई पड़ेंगे। परंतु तारों के रंग से उनकी वास्तविक चमक का बहुत-कुछ पता चल जाता है, विशेष कर जब दूरदर्शक पर विपार्श्व लगा कर उनके प्रकाश के वर्णपट (स्पेक्ट्रम) की सूक्ष्म जाँच की जाती है। अब यदि वर्णपट की सूक्ष्म जाँच से यह निश्चित हो कि दो तारे एक ही वास्तविक चमक के हैं तो अवश्य ही वे प्रत्यक्षतः कम या अधिक चमकीले केवल न्यूनाधिक दूरी के कारण होंगे। यदि इन दो तारों में से एक की दूरी त्रिकोण-मितीय रीति से नाप ली गयी है तो मंद प्रकाश के तारे की दूरी तुरंत ज्ञात हो जायगी, क्योंकि भौतिक विज्ञान बताता है कि दूरी दुगुनी होने पर चमक चौथाई हो जाती है, दूरी त्रिगुनी होने पर चमक नवमांश ही रह जाती है, इत्यादि।

इस प्रकार मंद तारों में से अधिकांश की दूरी का अनुमान कर लिया गया है।

प्रकाश-वर्ष—तारों की दूरियाँ बताने के लिए मील बहुत छोटा पड़ता है। इसलिए बड़ी दूरियों के लिए बहुधा प्रकाश-वर्ष का प्रयोग किया जाता है। प्रकाश-वर्ष वह दूरी है, जिसे प्रकाश एक वर्ष में तय करता है। भौतिक विज्ञान के विशेषज्ञों ने प्रकाश के वेग को नापा है और उन्हें पता चला है कि प्रकाश एक सेकंड में लगभग १,८६,००० मील चलता है। इस-लिए एक प्रकाश-वर्ष लगभग

$$186,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 \text{ मील}$$

अर्थात् लगभग 6×10^{11} मील के बराबर है। ध्रुवतारा हमसे लगभग ४७ प्रकाश-वर्ष की दूरी पर है।

नीहारिकाओं की दूरियाँ—बहुत दिनों से ज्योतिषी अनुमान करते थे कि नीहारिकाएँ हम से बहुत दूर हैं; परंतु कितनी दूर है इसके नापने की कोई रीति उन्हें नहीं मिल रही थी। ज्योतिषियों ने देखा था कि कुछ तारों की चमक स्थिर नहीं रहती, घटा-बढ़ा करती है। चमक घटने-बढ़ने के भी कई नियम हैं। कुछ की चमक तो इस प्रकार घटती-बढ़ती है कि स्पष्ट जान पड़ता है कि उनके चारों ओर कम प्रकाश का कोई दूसरा पिंड चक्कर लगा रहा है और जब यह पिंड तारे और हमारे बीच में आ जाता है तब तारा अशतः छिप जाता है और इसलिए तारे का प्रकाश घट जाता है। परंतु तारों की एक जाति ऐसी है कि उनका प्रकाश विशेष रूप से घटता-बढ़ता है और उनको पहचानने में कोई भूल नहीं हो सकती। इनको सेफीइड (Cepheid) तारे कहते हैं, क्योंकि ऐसे तारों में प्रमुख एक तारा सेफीइड तारा-मंडल का है। आकाश में सेफीइड

तारे बहुत से हैं और उनमें कई ऐसे भी हैं, जिनकी दूरी और निजी चमक ज्ञात है। इन तारों के अध्ययन से पता चला है कि चमक घटने-बढ़ने के आवर्तकाल तथा वास्तविक चमक में एक अटूट संबंध है। वस हमारे लिए इतना ही पर्याप्त है; इससे नीहारिकाओं की दूरी जान ली जा सकती है। कारण यह है कि अधिकांश नीहारिकाओं में सेफीइड तारे भी हैं। बहुत से फोटोग्राफ लेने पर और घनत्व नापने पर इन तारों के प्रकाश के घटने-बढ़ने का नियम सुगमता से जाना जा सकता है। इस प्रकार उनके प्रकाश-परिवर्तन का आवर्तकाल ठीक-ठीक ज्ञात हो जाता है। तब आवर्तकाल से उनकी वास्तविक चमक की और वास्तविक चमक से उनकी दूरी की गणना सरलता से की जा सकती है, चाहे तारा कितना ही फीका क्यों न हो। केवल एक धोखा हो सकता है। कहीं कोई काली नीहारिका या प्रकाश सोखनेवाली अन्य गैस या धूल तो बीच में नहीं है, जिसके कारण तारा मंद प्रकाश का लगता है? इन बातों का विवेचन कर लेने पर, और तर्कों से सिद्ध कर लेने पर कि प्रकाश शोषक बीच में नहीं है और है तो कितना प्रकाश उसके कारण मिट गया है, सेफीइड तारों की दूरी बड़ी सुगमता से निबल आती है। तब उन नीहारिकाओं की दूरियाँ ज्ञात हो जाती हैं, जिन से वे तारे संबंधित हैं। इस प्रकार पता चला है कि बड़ा मंगिलन-मेघ लगभग ७५,००० प्रकाश-वर्ष की दूरी पर है, छोटा मंगिलन-मेघ लगभग ८४,००० प्रकाश-वर्ष पर है। छोटी दिखायी पड़नेवाली सपिल नीहारिकाएँ इनसे लाखों गुनी अधिक दूरी पर हैं। इन दूरियों की गणना सरल है; परंतु उनकी कल्पना हमारी अनुभूति के परे है।

वर्णपट—वाँच के त्रिपाद्वं द्वारा देखने पर मोमवत्ती की लौ, या अन्य प्रकाशमान वस्तु, कई रंगों की दिखाई देती है। सीसे या त्रिपाद्वं बहो है जिसे सीसे की कलम भी लोग कहते हैं; पुराने डगकी झाड़-फानूस में शोभा के लिए बहुत-सी कलमें लटकामी जाती थीं। इनके तीनों पहल समतल होते हैं और तीनों कोर एक दूसरे के समानांतर होने हैं। इसी प्रकार का त्रिपाद्वं, परंतु कम कोण का और काफी बड़ा, जिससे दूरदर्शक का ताल पूर्णतया ढक जाय, ताल के ऊपर लगा देने पर तारे का फोटोग्राफ बिंदु-मरोखा न आकर पट्टी के समान आता है, जिसे वर्णपट (स्पेक्ट्रम) कहते हैं और इस वर्णपट की जाँच से बहुत-सी बातों का पता चलता है। यदि साधारण फोटोग्राफ लेने के बदले रंगीन फोटोग्राफ लिया जाय या वर्णपट को आँख से देखा जाय तो वर्णपट रंगीन दिखानी पड़ेगा। इन रंगों का अर्थ समझने के लिए तारे के प्रकाश के बदले पहले हम मोमवत्ती के प्रकाश का अध्ययन करेंगे।

मान लीजिये, किसी प्रबल से मोमवत्ती के एक बिंदु से आये प्रकाश को त्रिपाद्वं पर पड़ने दिया जाता है और त्रिपाद्वं को पार करने पर बने वर्णपट की हम जाँच करते हैं। हम देखेंगे कि वर्णपट के एक सिरे पर बैंगनी रंग है और दूसरे सिरे पर लाल रंग है। इन दोनों के बीच असंख्य रंग हैं, जिन्हें हम थोटे हिस्से से सात रंगों में विभक्त कर सकते हैं। उनके नाम क्रमानुसार ये हैं—

बैंगनी, गहरा नीला, आसमानी, हरा, पीला, नारंगी, लाल।

इस वर्णपट में कहीं कोई काली रेखा न दिखानी पड़ेगी। परंतु यदि हम किसी रंग को तप्त करके प्रकाश उत्पन्न करें और उसे त्रिपाद्वं द्वारा देखें तो दूसरे ही प्रकार का वर्णपट हमें

प्राप्त होगा। उदाहरणतः यदि हम सोडियम नामक तत्व को तप्त करें या स्फिटि की ली में थोड़ा साधारण नमक डाल दें (जो वस्तुतः सोडियम क्लोराइड है) तो वर्णपट में केवल दो पीली रेखाएँ दिखायी पड़ेंगी। प्रत्येक तत्व का वर्णपट निराला ही होता है, जिससे पता चल जाता है कि किस तत्व के होने से अमुक वर्णपट उत्पन्न हुआ है। साधारण निपीठ (प्रेसर) पर तप्त गैसों के वर्णपट में साधारणतः चमकीली रेखाएँ रहती हैं।

फिर, यदि मोमवत्ती का प्रकाश तप्त सोडियम वाष्प द्वारा होकर आवे जिसका तापक्रम मोमवत्ती के तापक्रम से कम हो तो वर्णपट में अन्य सब रंग तो वर्तमान रहेंगे, केवल वही प्रकाश नहीं रहेगा जो सोडियम-प्रकाश से हमें मिलता है; अर्थात् रंगीन वर्णपट हमें अवश्य मिलेगा, परन्तु उसमें उस स्थान पर दो काली रेखाएँ दिखायी देंगी जहाँ केवल सोडियम-प्रकाश से दो पीली रेखाएँ दिखायी पड़ती हैं। जब कभी ध्वेत तप्त पिंड से चला प्रकाश अपेक्षाकृत ठंडे गैसों से होकर आता है तो काली रेखाओंवाला वर्णपट उत्पन्न होता है।

सूर्य के प्रकाश के वर्णपट में बहुत-सी काली रेखाएँ दिखायी पड़ती हैं। इन काली रेखाओं के स्थानों को ज्ञात गैसों की रेखाओं के स्थानों से तुलना करने पर हमें पता चलता है कि सूर्य के बाहरी वातावरण में कौन-कौन सी गैसें हैं। उदाहरणतः, वर्णपट के पीले भाग में हमें वे दो काली रेखाएँ भी दिखायी पड़ती हैं, जो सोडियम वाष्प से ही उत्पन्न होती हैं। इससे पता चलता है कि सूर्य का भीतरी भाग अत्यंत तप्त है; वहाँ से ध्वेत प्रकाश चारों ओर बिखरता है; सूर्य की बाहरी तह उतनी तप्त नहीं है; और उसमें सोडियम वाष्प अवश्य है। इसीलिए हमें वर्णपट में दो काली रेखाएँ वहाँ दिखायी पड़ती हैं जहाँ तप्त सोडियम वाष्प के वर्णपट में दो चमकीली पीली रेखाएँ दिखायी पड़ती हैं।

स्पष्ट है कि वर्णपट की जाँच से, जिसे वर्णपट-विश्लेषण कहते हैं, हम यह बता सकते हैं कि सूर्य की रासायनिक संरचना कैसी है। इसी प्रकार हम तारों की रासायनिक संरचना के विषय में भी बहुत-सी बातें जान सकते हैं।

यदि प्रकाश का उद्गम स्थान स्थिर रहने के बदले वेग से हमारी ओर आ रहा है, या हमसे दूर भाग रहा है, तो रेखाओं के स्थान में थोड़ा सा अंतर पड़ जाता है। भौतिक विज्ञान का यह सिद्धान्त जिसे डॉपलर के नाम पर लोग डॉपलर-सिद्धान्त कहते हैं, यह बताता है कि जितने वेग के कारण वर्णपट की रेखाओं में जितना अंतर पड़ता है। इसलिए वर्णपट में रेखाओं की स्थितियों के अंतर को ज्ञाप कर हम बता सकते हैं कि उद्गम स्थान जितने मील प्रति घंटे के वेग से हमारी ओर आ रहा है या हमसे दूर जा रहा है। उदाहरणतः, सूर्य अपनी धुरी पर घूमता रहता है। इसलिए इसके बिम्ब का एक किनारा हमारी ओर आता रहता है और दूसरा किनारा हमसे दूर जाता रहता है। दूरदर्शक के ताल से सूर्य का प्रतिबिम्ब बनाकर और उसके दाहिने और बायें किनारों के प्रकाशों का अलग-अलग वर्णपट बनाकर तुलना करने से स्पष्ट पता चलता है कि सूर्य जिस वेग से अपनी धुरी पर घाघ रहा है।

इसके अतिरिक्त वर्णपट से उद्गमस्थान के तापक्रम का भी पता चलता है। किमी वस्तु को यदि थोड़ा ही गरम किया जाता है तो वह लाल हो कर ही रह जाता है; यदि अधिक गरम किया जाता है तो उसका प्रकाश लाल के बदले पीला हो जाता है। पिंड के अधिक तप्त होने पर प्रकाश श्वेत हो जाता है। और भी अधिक तप्त हो जाने पर प्रकाश निलठीह हो जाता है। इसलिए वर्णपट के फोटोग्राफ में यह देख कर कि घनत्व किंग भाग में महत्तम है, उद्गम स्थान के तापक्रम का भी अनुमान किया जा सकता है।

हम देखते हैं कि वर्णविक्षलेपण अत्यंत महत्वपूर्ण है और इससे हमें कई बातें ज्ञात हो सकती हैं।

फोटोग्राफी—इन दिनों वैज्ञानिक अनुसंधानों में फोटोग्राफी का बहुत प्रयोग किया जाता है। इसके कई कारण हैं। संसार में बड़े दूरदर्शक इने-गिने हैं। उनका समय बहुमूल्य है। षटपट फोटोग्राफ लेकर उसे सुचित से निरीक्षण करने के बदले दूरदर्शक में ही आँख लगाने से दूरदर्शक का बहुत-सा अमूल्य समय नष्ट होता है। फिर फोटोग्राफ को मृदमदर्शक यंत्र से नापने में जो सुविधा है वह सुविधा आँख ऊपर उठाये दूरदर्शक के नीचे पड़े रह कर काम करने में नहीं प्राप्त हो सकती। अंत में, फोटोग्राफी के प्लेट में एक विशेष गुण है जो हमारी आँखों में नहीं है। यदि आकाशीय पिंड का प्रकाश इतना मंद हो कि बड़े दूरदर्शक में भी वह हमें न दिखायी पड़े, तो भी फोटोग्राफों में वह हमें दिखायी दे जा सकता है। कारण यह है कि फोटो के प्लेट पर मंद प्रकाश का परिणाम संचित होता चलता है। यदि प्रकाशदर्शन (अर्थात् एक्सपोजर) पर्याप्त दिया जाय तो फोटोग्राफों में बहुत-से मंद प्रकाशवाले ज्योरे देखे जा सकते हैं, जो अन्य किमी रीति से हमें नहीं दिखायी दे सकते। नीहारिकाओं के अध्ययन में फोटो के प्लेटों का यह गुण विशेष उपयोगी है, क्योंकि दूरस्थ नीहारिकाओं सब अत्यंत मंद प्रकाश की हैं।

निजी गति—तारे साधारणतः स्थिर तारे (fixed stars) कहलाते हैं, क्योंकि पचीस-पचास वर्ष में उनका स्थिति-परिवर्तन उपेक्षणीय होता है। परन्तु विद्वत् की मरचना की खोज में तारों की स्थिति-परिवर्तन महत्वपूर्ण हैं। यदि हम तारों का फोटोग्राफ आज लें और उग फोटोग्राफ की तुलना उसी मंत्र से पचास वर्ष पहले लिये गये फोटोग्राफ से मृदमतापूर्वक करें, तो हम देखेंगे कि कुछ तारे, जो पृष्ठभूमि के मंद तारों से साधारणतः अधिक चटक हैं, अपने पड़ने-वाले स्थान से वस्तुतः हट गये हैं। यह नाप कर कि तारा कितना हटा है और यह जानने पर कि तारे की दूरी कितनी है, हम सरल गणना द्वारा जान सकते हैं कि हमारे देखने की दिशा से समकोण बनाती हुई दिशा में तारे का वेग क्या है। फिर, देखने की दिशा में हम तारे का वेग डॉपलर-सिद्धान्त से प्राप्त कर ही सकते हैं। इस प्रकार हमें पूर्ण ज्ञान हो जाता है कि तारा वस्तुतः किस दिशा में और किस वेग से जा रहा है।

तौल—गतिविज्ञान में एक सूत्र है, जिससे यह ज्ञान रहने पर कि दो तारे एक दूसरे से कितनी दूरी पर हैं और उनमें से एक तारा दूसरे तारे की परिणामा बिन्दु के यहाँ में कर

लेता है, हम दोनों तारों की सम्मिलित तौल बता सकते हैं। हर्सेल ने (१७३८-१८२२) अपने वेधों से पता लगाया था कि बड़ी तारा-युग्मों में दोनों तारे वस्तुतः एक दूसरे से संबंधित हैं। एक तारा दूसरे की चारों ओर परिक्रमा करता है। कुछ युग्म अवश्य ऐसे हैं कि उनमें से एक तारा पृथ्वी से बहुत दूर है और दूसरा बहुत निकट, केवल प्रायः एक दिशा में होने के कारण वे तारा-युग्म से जान पड़ते हैं। तो भी असली तारा-युग्म आकाश में बहुत से हैं और उनमें जिस किसी की भी दूरी नापी जा सकी है या अन्य किसी रीति से उनकी दूरी का अनुमान किया गया है, उसकी तौल का पता पूर्वोक्त गतिबैज्ञानिक सूत्र से चल गया है।

नाप—कुछ तारों का व्यास भी नापा जा सका है। अधिकांश तारे हमसे बहुत दूर हैं; साथ ही उनका व्यास भी पर्याप्त बड़ा नहीं है। इसलिए उनका कोणीय व्यास बड़े-से-बड़े दूर-दर्शक में भी शून्य ही जान पड़ता है। सिद्धान्त और तर्क से हम जानते हैं कि कुछ तारे कम घनत्व के और बहुत बड़े व्यास के होते हैं। उनको हम दैत्य तारे (जायंट स्टार्स) कहते हैं। कुछ तारे इनसे भी बड़े होते हैं। उन्हें अतिदैत्य तारे (सुपर-जायंट स्टार्स) कहते हैं। कुछ तारे बहुत अधिक घनत्व के और कम व्यास के होते हैं। इनको बीना या वामन तारा (ड्वार्फ स्टार्स) कहते हैं। हमारा सूर्य वामन तारा है। ज्योतिषियों का अनुमान यह है कि तारा पहले कम घनत्व का और दूर तक विस्तृत रहता है। फिर अपने ही आकर्षण से सिमटते-सिमटते उसका व्यास कम होता जाता है और तापक्रम बढ़ता जाता है। दैत्य तारे साधारणतः कुछ लाल होते हैं। तारों में वे बच्चे हैं। अधिक आयु होने पर वे अधिक ठस, व्यास में छोटे और तापक्रम में अधिक सघन होते जाते हैं, जिससे उनका प्रकाश श्वेत होता जाता है। घनत्व बढ़ते-बढ़ते एक सीमा ऐसी आ जाती है जब सब अणु एक दूसरे से प्रायः सट जाते हैं और अधिक सटने के लिए गुंजायमान नहीं रहती। फिर वे धीरे-धीरे ठंडे हो चलते हैं। अंत में वे प्रकाशरहित हो जाते हैं।

दैत्य और बीने तारों का ससिक्त वर्णन यहाँ इसलिए कर दिया गया है कि आगामी अध्यायों में इन शब्दों का प्रयोग किया जायगा।

धेनी—तारों की चमक बताने की यह रीति है कि उनकी धेनी (मैग्नीट्यूड) बता दी जाय। प्राचीन ज्योतिषियों ने सबसे चमकीले तारों को प्रथम धेनी में रखा था और उन भेद तारों को जो कोरी आँख से दिखाई नर पड़ जाते हैं, छठी धेनी में रखा था। अन्य तारों को, उनकी चमक के अनुसार, द्वितीय, तृतीय आदि धेनियों में रखा था। आधुनिक ज्योतिषियों ने इन वर्गीकरण को अधिक परिष्कृत कर लिया है। नवीन प्रथा के अनुसार, अधिकांश चमकीले तारों की धेनियाँ प्रायः पहले जैसी रह गयी हैं, परंतु अब दशमलव लगी धेनियों का भी अर्थ निकल सरता है। नवीन परिभाषा एक सूत्र के अनुसार दी जाती है, जिसके उल्लेख की यहाँ आवश्यकता नहीं है। केवल इतना ही बह देना पर्याप्त होगा कि धेनी में एक की कमी होने से चमक लगभग ढाई गुनी बढ़ती है (वस्तुतः २.५१२ गुनी बढ़ती है)। इस प्रकार नवीन परिभाषा के अनुसार धेनी १० या तारा धेनी २० के तारे से ढाई गुना अधिक चमकीला है। रोहिणी (एन्डबेन) नामक तारा प्रायः ठीक प्रथम धेनी का है। अग्रस्त (कैपेला) की धेनी

०.२ है और लुब्धक (सिरियस) की, जो आकाश का सबसे अधिक चमकीला तारा है, श्रेणी -१.६ है। माउंट विलसन के सौ इंचवाले दूरदर्शक से एकसीसवीं श्रेणी तक के तारों का फोटोग्राफ उतर आता है।

इतिहास—प्राचीन यूनानी ज्योतिषी हिपाकॉस (लगभग १९०-१२५ ई० पू०) ने प्रथम तारा-सूची बनायी थी। उसमें भी दो ज्योतिष्य आकाशीय घट्टों का उल्लेख है और टॉलमी (लगभग १३८ ई०) ने अपने अलमाजेस्ट नामक पुस्तक में पाँच मेघिल तारों को सम्मिलित किया था, परन्तु ये वस्तुएँ वास्तविक नौहारिकाएँ न थीं। दूरदर्शक से देखते ही स्पष्ट हो जाता है कि वे तारा-गुंज हैं। हाँ, अरब के अलसूफी (९०३-९८६) ने अपनी 'स्थिर तारों की पुस्तक' में देवयानी नक्षत्र-मंडलवाली नौहारिका का उल्लेख किया है। १५वीं शताब्दी में पोर्चुगल के नाविक दक्षिण जाया करते थे और वे उन मेघों को जानते थे, जिनका नाम अब मैगिलन-मेघ पड़ा है। गैलीलियो (१५६४-१६४२) ने दूरदर्शक का आविष्कार १६०९ में किया और उसके कुछ ही वर्ष पश्चात् नौहारिकाओं का पता एक-एक करके चलने लगा। हायगेन्स (१६२९-१६९५) ने मृगव्याध (ओरायन) नौहारिका का प्रथम वर्णन और चित्र सन १६५६ ई० में दिया। १७१५ में न्यूटन के मित्र हैली (१६५६-१७४२) ने संभवतः प्रथम नौहारिका-सूची बनायी। हैली वही ज्योतिषी था जिसके नाम से हैली पुच्छल तारा प्रसिद्ध है। परन्तु हैली की सूची में कुल ६ 'प्रकाशमय घट्टे और चकतियों' की घर्षा है। इसके बाद कई सूचियाँ छपीं और प्रत्येक में पहले से अधिक नौहारिकाओं का उल्लेख रहता था। फ्रांसनिवासी चार्ल्स मेसिये ने (१७३०-१८१७) अपनी सूची का, जिसका उल्लेख पहले किया जा चुका है, अंतिम संस्करण १७८१ में प्रकाशित किया; इसमें १०३ नौहारिकाएँ थीं। विलियम हर्शेल (१७३८-१८२२) ने यूरैनस का आविष्कार किया था और फिर उसके लड़के जॉन हर्शेल (१७९२-१८७१) ने बड़े-बड़े दूरदर्शकों से आकाश की खोज की। बड़े हर्शेल ने अपने हाथ के बने दूरदर्शक से लगभग ढाई हजार नौहारिकाओं का पता लगाया। वह मृगव्याध (ओरायन) नौहारिका से इतना आश्चर्यचकित और मोहित हो गया था कि उसने अपने जीवन का अधिकांश भाग नौहारिकाओं और युग्म-तारों की खोज में व्यतीत किया। छोटे हर्शेल ने भी स्वयं अपने हाथ से १८६४ का बड़िया दूरदर्शक बनाया और उससे लगभग ५०० नयी नौहारिकाओं का पता लगाया। इंग्लैंड से आकाश का दक्षिणी गोलार्ध समूचा दिखायी नहीं पड़ता। इसलिए दक्षिणी अनीका में जाकर उसने दक्षिणी नौहारिकाओं का निरीक्षण किया। मैगिलन-मेघों के सूक्ष्म निरीक्षण के अतिरिक्त उसने लगभग १७०० दक्षिणी नौहारिकाओं की सूची प्रकाशित की। इस सूची में कई नौहारिकाओं के चित्र भी खींचे गये थे। इंग्लैंड लौटकर उसने अपने देखे और पिता द्वारा आविष्कृत नौहारिकाओं की विस्तृत सूची १८६४ में छपाई, जिसमें पाँच हजार नौहारिकाओं का उल्लेख था। इसीके आधार पर १८८८ में ड्रायर ने अपनी सूची 'न्यू जेनरल कॅटलॉग ऑफ नेब्युली' प्रकाशित की, जिसका उल्लेख आज भी एन० जो० सी० (N.G.C.) के सक्षिप्त नाम से किया जाता है। इसके दो परिशिष्ट क्रमानुसार १८९५ में और १९०८ में

छपे जो 'इंडेक्स कंटलग' (आई० सी०, I. C.) के नाम से प्रसिद्ध है। इन तीनों सूचियों में कुल मिला कर १३,००० से भी अधिक नीहारिकाओं का समावेश है।

नीहारिकाओं की फोटोग्राफी का इतिहास—फोटोग्राफी के आविष्कार के बाद लोगोंने आकाशीय पिंडों का फोटोग्राफ लेना चाहा। सफलता कई लोगों को प्रायः एक साथ ही मिली। अमरीका के हेनरी ड्रेपर (१८३७-८२) ने १८८० में मृगव्याघ्र (ओरायन) नीहारिका का अर्द्ध फोटोग्राफ खींचा। फ्रांस में जेनसन (१८२४-१९०७) ने १८८१ में और कुछ वर्ष बाद इंग्लैंड में कॉमन (१८४१-१९०३) ने तथा आइज़क रॉबर्ट्स (१८२९-१९०४) ने बहुत अच्छे चित्र नीहारिकाओं के खींचे। पॉल हेनरी और प्रॉक्सर हेनरी दो भाई थे, जिन्होंने फ्रांस में किबपिचिया (इस्तिफा) तारा-मुज का फोटोग्राफ खींचा और दिखाया कि ये तारे वस्तुतः अति दूरी की नीहारिका में उलझे हुये हैं। परंतु अभी तक फोटोग्राफ साधारण दूरदर्शकों से खींचे जाते थे। १८८९ ई० में अमरीका की प्रसिद्ध लिंक-वेघशाला के संचालक वारनाबे ने मनुष्य-चित्रण के लिए बने बड़े छिद्र (अपर्चर) वाले पोट्रेट लेंजों से नीहारिकाओं के फोटोग्राफ लिये। तब पता चला कि बहुत-से तारे अत्यंत छोटी नीहारिकाओं से घिरे हुये हैं। उसने दिखाया कि किबपिचिया के सभी तारे अत्यंत छोटी नीहारिका के बीच में हैं। वारनाबे ने कई काली नीहारिकाओं का भी पता लगाया और प्रमाणित किया कि आकाश के कई स्थलों में हल्की धूल है, जिसके कारण वहाँ के तारे कुछ धूमिल दिखायी पड़ते हैं। ऑल्ट्रेलिया के रसेल ने १८९० ई० में वारनाबे की रीति से दक्षिणी नीहारिकाओं के फोटोग्राफ लिये और जर्मनी के मैक्स बोल्क ने १८९१ ई० में छोटी नीहारिकाओं की सूची बनानी विधिवत् आरंभ कर दी।

१८९९ ई० में लिंक-वेघशाला के ३६ ईंच वाले दर्पण-युक्त दूरदर्शक से सपिलाबार नीहारिकाओं का फोटोग्राफ लेना और उनका ध्योरेवार अनुसंधान करना आरंभ किया गया। उसके पहले कई ज्योतिषियों ने कुछ सपिल नीहारिकाओं को देखा था और उनका वर्णन किया था; परन्तु कीलर के नाम से पता चला कि अधिकांश नीहारिकाएँ सपिलाबार हैं। सन १९०० ई० में उसने अनुमान किया कि उसके दूरदर्शक से कम-से-कम सवा लाख सपिल नीहारिकाओं का पता चल सकता है; परन्तु उसी दूरदर्शक से अधिक अनुभव के बाद वह १९१९ ई० में अनुमान किया कि आकाशमग्न क्षेत्र को छोड़ आकाश के अन्य भागों में कम से कम १० लाख नीहारिकाएँ हैं। आधुनिक समय में अमरीका की हार्वर्ड-नालेज-वेघशाला में नीहारिकाओं पर नूतन काम हुआ है। दक्षिणी नीहारिकाएँ छूट न जायें, इस उद्देश्य से हम कालेज ने १९०० ई० में मेरेक्सिया (मेरू, दक्षिणी अमरीका) में और फिर १९२७ ई० में म्योमरानटाइन (दक्षिणी अफ्रीका) में निजी वेघशालाएँ बनवाईं। विशेष दूरदर्शक केवल तारों और नीहारिकाओं की फोटोग्राफी के लिए बनवाया, जिसमें प्रसिद्ध बृहत् दूरदर्शक भी था। इनके साल का व्यय २४ इंच है और एक साथ ही बारी बड़े क्षेत्र का फोटोग्राफ लेता है। स्वयं हार्वर्ड में उपयुक्त यंत्र तो था ही। सन १९३० में वहाँ के मंचालक हारलो जेम्स ने अठारहवीं श्रेणी तक की सब नीहारिकाओं का फोटोग्राफ खींचा और इन प्रकार हजारों नई नीहारिकाओं का पता चला।

इधर यह काम हो ही रहा था, उधर दूसरों ने अधिकाधिक बड़े दूरदर्शक बनवाने की सोची। यह देखकर कि लिंक-वेघशाला के ३६ इंचवाले दूरदर्शक से बहुत अच्छा काम हो सका है, माउंट विलसन के जी० डब्ल्यू० रिची (Ritchey) ने ६० इंच व्यास का दर्पणयुक्त दूरदर्शक बनवाया और कई वर्ष तक (१९०८-१७) उसने इससे नीहारिकाओं के फोटोग्राफ लिये। रिची के फोटोग्राफ बहुत तीव्र उतरते थे और कई सर्पिलों की तारामय रचना उसके चित्रों से स्पष्ट हुई। वहाँ के संचालक हेल को अनुभव हुआ कि अधिक बड़े दूरदर्शक से अधिक ज्ञान प्राप्त किया जा सकता है। इसलिए उसने १०० इंच व्यास के दूरदर्शक की योजना की। इसे सन १९१७ ई० में माउंट विलसन पर स्थापित किया गया और तब से आज तक इस यंत्र से काम हो रहा है। हेल ने शीघ्र अनुभव किया कि और भी बड़ा दूरदर्शक हो तो अधिक अच्छा होगा। बहुत पूछ-ताछ और खोज के बाद निश्चय किया गया कि २०० इंच व्यास का दूरदर्शक बन सकता है। सन १९२८ ई० से ही इसके बनाने की योजना होने लगी; परन्तु द्वितीय विश्वव्यापी युद्ध के कारण इसका काम स्थगित रहा। अब यह बन गया है और आरोपित कर दिया गया है। इसमें अंतिम सुधार अभी हो ही रहे हैं; परन्तु पूर्ण आशा है कि निकट भविष्य में इससे कई नवीन बातों का पता चलेगा।

इस अध्याय में हमने देख लिया कि ज्योतिषी किस प्रकार नीहारिकाओं का अध्ययन करता है, किस प्रकार उनकी दूरी ज्ञात करता है और किस प्रकार उनको नापता और तौलता है। आगामी अध्याय में सात निकटतम नीहारिकाओं का वर्णन किया जायगा।

द्वितीय अध्याय निकटतम नीहारिकाएँ

मैंगिलन मेघ—पिछले अध्याय में हम देख चुके हैं कि चार नीहारिकाएँ औरों की अपेक्षा अधिक निबट हैं। हम इस अध्याय में इन्हीं नीहारिकाओं पर विशेष विचार करेंगे। इन चारों में सबसे बड़ा मैंगिलन मेघ जान पड़ता है। यह स्वर्ण-मस्य (डोरेडो) तारामंडल में है। छोटा मैंगिलन-मेघ टूबन तारामंडल में है। दोनों ही मेघों के कुछ भाग इन तारामंडलों के बाहर तक पहुँच जाते हैं। कोरी आँख से, या छोटे दूरदर्शक से, देखने पर या साधारण प्रकाशदर्शन (एक्सपोजर) देकर फोटोग्राफ खींचने पर, ये मेघ विशेष बड़े नहीं दिखायी पड़ते। छोटे मेघ का व्यास चार अंश से कुछ कम ही है। यह स्मरण रखने पर कि चंद्रमा का व्यास लगभग आधा अंश है, हम चार अंश का अनुमान सुगमता से कर सकते हैं। बड़े मेघ का व्यास आठ अंश से कुछ कम है। दोनों की आकृति अनियमित है, अर्थात् वे न तो वृत्ताकार और न दीर्घवृत्ताकार हैं। तारों का घनत्व भी उनमें सब जगह एक-सा नहीं है। बीसवीं शताब्दी के आरम्भ में भी ज्योतिषियों ने इन मेघों की संरचना का भेद नहीं जान पाया था। कितने तारे, कितनी नीहारिकाएँ और कितने तारापुंज इन मेघों में अमुक दूरदर्शक से दिखायी पड़ते हैं, उस इतने की ही खोज हो पायी थी।

जब तक हार्वर्ड वेधशाला ने दक्षिणी गोलार्ध में अपनी शाखा नहीं खोल पायी थी तब तक स्थिति ऐसी ही रही। वहाँ शाखा खुलने पर, और स्पूरॉक की मिस कैथरिन ब्रूस से पर्याप्त धन दान में मिलने पर, स्थिति बदलने लगी। मिस ब्रूस के दान से ब्रूस दूरदर्शक बना, जिसकी चर्चा पहले की जा चुकी है। अपने समय में ब्रूस-दूरदर्शक बड़ा ही दक्षिणशाली था। इसके साल का व्यास २४ इंच था। एक घंटे के प्रकाशदर्शन से इस यंत्र से सोलहवीं श्रेणी तक के तारों का फोटोग्राफ उतर आता था और एक बार में ही आकाश के उतने क्षेत्र का फोटोग्राफ उतरता था, जितना सर्वांग तारामंडल के प्रथम चार तारों के बीच स्थान है। साधारण दूरदर्शकों से तो समूचे चंद्रमा का भी फोटोग्राफ नहीं उतर पाता है। ब्रूस-दूरदर्शक से सारे आकाश के फोटोग्राफ लेने की योजना की गयी थी। इसीलिए मैंगिलन-मेघों की पारी आने में कई वर्ष लगे। पहले तो इतना ही पता लगा कि इन मेघों में हजारों तारे और बहुत से तारापुंज तथा नीहारिकाएँ हैं। परन्तु महत्वपूर्ण नवीन बातों का पता तब लगा जब फोटोग्राफों की जाँच मिस लीविट ने अमरीका के कैम्ब्रिज शहर में की। मिस लीविट ने देखा कि इन मेघों में बहुत-से तारे ऐसे हैं, जिनकी चमक प्रत्येक प्लेट पर एक-सी नहीं है। उन्होंने बड़ी सावधानी से नापना और उनका लेखा रखना आरम्भ किया। उस समय सेफ़ीड तारों की चमक और चक्रकाल में संबंध रहने का पता नहीं था। इसलिए मैंगिलन-मेघों की दूरी का भी कोई पता किसी को नहीं था। इसका भी किसी को अनुमान नहीं था कि यह सब नाप-जोख किस काम आयगा। परन्तु १९०६ ई० में मिस लीविट ने बड़े मेघ के ८०८ परिवर्तनशील तारों की सूची और छोटे मेघ के ९६९ परि-

वर्ननशील तारों की सूची प्रकाशित की। इन सूचियों से पता चला कि ऐसे तारों की महत्तम और न्यूनतम चमकों का अनुपात सभी के लिए उतना ही — लगभग ढाई गुना — होता है, चाहे तारा खूब चमकीला हो, चाहे कम।

इन परिवर्ननशील तारों के अतिरिक्त मेघों में प्रायः सभी अन्य प्रकार के तारे पाये गये, लाल रंग भी हैं और नीले बौने भी। इनके अतिरिक्त ऐसे तारे भी इन मेघों में थे, जो अपने विशेष वर्णपट के कारण तुरन्त पहचान लिये जा सकते थे; परन्तु जो आकाशगंगा को छोड़ आकाश के अन्य भागों में नहीं देखे गये थे। इन बातों से सन्देह होने लगा कि मेघों की संरचना संभवतः वैसी ही है जैसी हमारी मंदाकिनी-संस्था की।

मैगिलन-मेघों में कई नीहारिकाएँ भी हैं। सारे आकाश में इने-गिने चार-पाँच बड़ी गैसमय नीहारिकाओं में स्थान पाने योग्य वह नीहारिका भी है, जिसे पाश नीहारिका (ऑब्रेजी में लूप नेब्युला) कहते हैं। यह बड़े मेघ में है और ३० स्वर्ग मत्स्य के नाम से प्रसिद्ध है। मेघों की दूरी अब हमें ज्ञात हो गयी है। इसलिए हम पाश नीहारिका की वास्तविक लंबाई-चौड़ाई का अनुमान कर सकते हैं। वस्तुतः यह नीहारिका बहुत बड़ी है। देखने में ओरायन नीहारिका हमको सबसे बड़ी जान पड़ती है; परन्तु ऐसा इसलिए है कि वह हमारे निकट है। यदि पाश नीहारिका को हम ओरायन नीहारिका की वगल में खड़ी कर सकते तो पाश नीहारिका के आगे ओरायन नीहारिका नगही-भी बन्धी से भी छोटी लगनी। दोनों नीहारिकाओं का प्रकाश प्रायः एक-सा है। दोनों पीछेवाले तारों को छिगा देती है, उनमें कोई ऐसा द्रव्य है, समवनः गर्द है, जो उनके पीछे स्थित तारों के प्रकाश को दबा देता है। दोनों नीहारिकाओं में अत्यन्त चमकीले तारे हैं और संभवतः दोनों इन्हीं तारों की विकिरण से ही शक्ति पाकर चमकती हैं; परन्तु पाश नीहारिका बहुत बड़ी है। उसकी बड़ी नीहारिका आकाशगंगा भर में बड़ी नहीं है।

पाश नीहारिका के मध्य में सी से कुछ अधिक अति रंग निरुद्ध तारे हैं, जो नीहारिका के प्रकाश में छिपे हुए हैं। जब नीहारिका का फोटोग्राफ लाल प्रकाश छतना लगा कर लिया जाता है तब इन तारों का पता विशेष रूप से चलता है।

मैगिलन-मेघों में थोड़े-से गोलाकार तारापुञ्ज भी हैं और बीगां क्रिबिचिया के समान साधारण तारापुञ्ज हैं।

अगले अध्याय में पता चलेगा कि हमारी मंदाकिनी-संस्था स्वयं एक नीहारिका है और हम उसी के बीच में हैं। विश्व में अमरुय इसी प्रकार की नीहारिकाएँ हैं, जिनका रचना हमारी मंदाकिनी-संस्था से बहुत-कुछ मिलती-जुलती है। ये नीहारिकाएँ एक दूसरे से दूर-दूर पर हैं और बीच में बहुत-सा प्रायः रिक्त स्थान है। किन्तु एक नीहारिका के मूढ़म अध्ययन से हम समस्त नीहारिकाओं के बारे में बहुत-सी बातें जान सकते हैं। परन्तु जिन नीहारिका में हम स्वयं स्थित हैं, अर्थात् हमारी मंदाकिनी-संस्था, वह अध्ययन के लिए विशेष उपयुक्त नहीं है, क्योंकि इनके

तारे हमसे विभिन्न दूरियों पर हैं; कोई तारे बस्तुतः कम कमजोरी होने लगे भी हमें बहुत कमजोरी जान पड़ने है और यह केवल इसीलिए कि वह तारा हमारे बहुत पास है। मंगिलन-मेघों में यह बर्ज्याई नहीं है। प्रत्येक मेघ एक नीहारिका है और उसके तारे हमसे प्रायः एक ही दूरी पर हैं। अवश्य ही, ये मेघ स्वयं बहुत विस्तृत हैं; परन्तु उनकी लम्बाई-चौड़ाई उनसे पृथ्वी ता की दूरी की तुलना में प्रायः उपेक्षणीय है। अवश्य ही, हमारी आकाशगंगा के कुछ तारे भी मंगिलन-मेघों की दिशा में रत्न के कारण भ्रमवश मेघों के सदस्य गिन लिये जाते होंगे; परन्तु ऐसे तारों की गिनती बहुत हो कम होगी। इसलिए जब हम मेघों के तारों का अध्ययन करते हैं तब तारों की वास्तविक कमजोरी के विषय में सच्ची बातें ज्ञान होती हैं। बिमोचक, हमें तारे के वर्णरङ्ग और उनकी वास्तविक कमजोरी का सच्चा ज्ञान होता है।

मंगिलन-मेघों में संबंध—क्या दोनों मंगिलन मेघों में कोई संबंध है? छोटे मेघ की दूरी ८४,००० प्रकाश-वर्ष है और बड़े की ७५,००० प्रकाश-वर्ष। इन प्रकार दोनों की दूरियों में विशेष अंतर नहीं है। पृथ्वी और इन मेघों के बीच जो आकाशीय धूल है उससे अवरोध हो ये मेघ आवरणता से कुछ अधिक भेद प्रकाश के दिशाधीन पड़ने हैं। यह धूलि नहीं गाड़ी, बड़ी हल्की हो जाती है और इसलिए दोनों मेघों की नई दूरियाँ उनकी विश्वगनीय नहीं हैं जितनी के आकाशीय धूल के अभाव में होती।

मेघों के बीच आभासी कोणीय दूरी २१ अंश है। एक दूसरे से ये ३०,००० प्रकाश-वर्ष की दूरी पर हैं। यह तो एक के केन्द्र से दूसरे के केन्द्र तक की दूरी है। दोनों के छोटे-बड़े बीच की न्यूनतम दूरी पड़े मेघ के व्यास से कुछ कम है। वस्तुतः, जब बहुत अधिक प्रकाश-वर्षों के दूर मेघों का पोटोमेट्रिक गीगा ज्ञात है, तबमें मेघों के न्यूनतम भागों का भी पोटोमेट्रिक गीगा ज्ञात है, तो ज्ञान जान पड़ता है कि सम्भवतः दोनों मेघ गलत हैं। प्रत्येक मेघ में केन्द्र में घनी घनी है—घनी गाँव आदि बहुत हैं—और केन्द्र से दूर पर तारों की गणना बहुत कम हो जाती है। यद्यपि अभी हमारा ज्ञान प्रमाण नहीं दिया है, तो भी समझ जान पड़ता है कि दोनों मेघ गलत हैं गणना की दो घनी भागदिली है।

हमारी मसालिनी-गणना के समस्त ये इन मेघों की दूरियाँ ४०,००० और ५०,००० प्रकाश-वर्ष हैं। हमें यह अनुमान किया जाता है कि हमारी मसालिनी-गणना का सुधारकाल दो महीने पर अवरोध हो जाती पड़ता होता। परन्तु यह कहना बहुत है कि मेघ हमारी ओर आ रहा है अथवा हमसे दूर भाग रहा है या साथ-साथ चल रहा है। दृष्टिकोण से समझौदार ही तो इन मेघों की गति सुझा है। परन्तु दृष्टिकोण से बड़े और छोटे मेघ की दूरियाँ समानुपात १३० बीज दूरी केन्द्र और १०० बीज दूरी केन्द्र दिखायी देती हैं। परन्तु शुरू और दूरी की दोरी इन मसालिनी गणना में मेघों के चल रही है। इन केन्द्र काटने पर मेघों का वेग ० और ३३ मील दूरी केन्द्र केन्द्र है। परन्तु हमारी गति बहुत गल्फी नहीं हो जाती। हमें यह निश्चित होना चाहिए कि हमारा ज्ञान प्रमाण कि छोटे मेघ बहुत ३३ मील दूरी केन्द्र के दिशा में हमसे दूर आ रहा है या नहीं। अर्थात् केन्द्र दूरियों की से अर्थात् केन्द्र केन्द्र से दूर आ रहा है कि नहीं।

वात क्या है। सौ, दो मी, बरषं बीतने पर दृष्टिरेखा से समकोणिक वेग का अच्छा पता चल सकेगा।

अभी तो इतने ही से संतोष करना पड़ेगा कि पृथ्वी अथवा सूर्य के हिसाब से मंगिलन-मेघ या तो चल नहीं रहे हैं या चल भी रहे हैं तो विशेष वेग से नहीं।

आकाशगंगा

ब्रह्मांड — अंग्रेजी में आकाशगंगा को दिमिलकी वे (दूधिया मार्ग) कहते हैं और गैलैक्सी शब्द का भी वही अर्थ है; परन्तु अब आधुनिक ज्योतिषी गैलैक्सी को दूसरे अर्थ में प्रयुक्त करने लगे हैं। जब कोई आकाशीय पिंड दूरदर्शक में प्रकाशमय घुएँ या बादल के समान दिखायी पड़ता है तब उसे नेब्युला कहते हैं; परन्तु यदि अध्ययन के पश्चात् पता चले कि वह बहुत से तारों का समूह है और संभवतः वह हमारी मंदाकिनी-मंस्था के समान है तो उसे ज्योतिषी अब गैलैक्सी कहते हैं। उन्हें द्वीपविश्व (आइलैंड यूनिवर्स) भी कहते हैं। हम भी ऐसे समूहों को ब्रह्मांड या द्वीप-विश्व कहा करेंगे। ब्रह्मांड शब्द अत्यंत प्राचीन है; इस कारण इसके साथ अवश्य बड़ी ऐसी कल्पनाएँ जुड़ी हैं जो आधुनिक विज्ञान के अनुसार निर्मूल हो सकती हैं; परन्तु इसका प्रयोजन अर्थ कि यह अंडे के समान सीमित है, इस शब्द को अत्यंत उपयुक्त बना देता है।

पृथ्वी सूर्य की प्रदक्षिणा करती है, वह भी सूर्य की प्रदक्षिणा करने है और वेतु अर्थात् पुच्छनारे भी। इन सबसे हमारा मौर-जगत बना है। परन्तु तारों की परस्पर दूरियाँ इतनी अधिक हैं कि उन पर विचार करते समय हम पृथ्वी आदि को सूर्य से सटा हुआ मान सकते हैं। सूर्य के समान एक-स्तरव से भी अधिक तारे हैं, जिनको अब सम्मिलित रूप से मंदाकिनी-मंस्था कहा जाता है। हमारी मंदाकिनी-मंस्था बहुत बड़ी है, तो भी अनंत दूरी तक नहीं विस्तृत है। हम अपनी मंदाकिनी-मंस्था को आकाशगंगा के रूप में देखते हैं। आकाशगंगा शब्द से हम उस प्रकाशमय मेघला को सूचित करते हैं, जो पृथ्वी-निवासियों को आकाश में दूधिया मार्ग के समान दिखायी पड़ती है। आकाश में जितने तारे दिखायी पड़ते हैं, वे प्रायः सभी अपनी मंदाकिनी-मंस्था के हैं। तारों की दूरी और स्थिति को ध्यान में रखकर यदि हम इस मंदाकिनी-मंस्था की मूल पैमाने के अनुसार बनायें, तो हम देखेंगे कि हमारी मंदाकिनी-मंस्था बुम्हार की आकृति का वह वृत्ताकार और बिगड़ी परन्तु बीच में फूटी हुई है। यदि बल्लभा-सहित द्वारा हम इस मंस्था से बाहर निकल जायें तो हमें मोटे हिस्से से यह मंस्था तारिका-वार नीहारिका-जंगली दिखायी पड़ेगी। मंदाकिनी-मंस्था के प्रायः मध्य घरातल में ही हमारा सूर्य है, परन्तु वह केंद्र पर नहीं है, केंद्र से चिनारे की ओर प्रायः दो-तिहाई हटा हुआ है। मंदाकिनी-मंस्था के बाहर चारों ओर बहुत दूर तक रिक्त स्थान है और तब एक दूगरे में दूर-दूर पर स्थित अन्य मंस्थाएँ हैं। दूरदर्शकों से हमें अपनी मंदाकिनी-मंस्था की तरह ही बड़ी अन्य मंस्थाओं का पता चला है, जो एक दूगरे से बहुत दूर-दूर पर हैं। इन्हें भी अब ब्रह्मांड (अंग्रेजी में गैलैक्सी) या द्वीप-विश्व (अंग्रेजी में आइलैंड यूनिवर्स) कहते हैं। पता नहीं कि जरा दूरी तक हमको ब्रह्मांड मिलते चले जायेंगे या ब्रह्मांड की भी कोई सीमा है। सम-ज-बन अपनी तरफ दिगी सीमा का पता नहीं चला है। परन्तु आरम्भ में तारों के बारे में नी

लोग यही समझा करते थे कि अगन्त दूरी तक तारे लगातार बिखरे होंगे। जब ज्ञान बढ़ा और पता चला कि जैसे-जैसे हम पृथ्वी से दूर जाते हैं, तारों की आवादी घटती जाती है तब आश्चर्य हुआ। जब पता चला कि तारों की दुनिया भीमित है तब बहुत आश्चर्य हुआ। परन्तु जब पता चला कि दिखाई पड़नेवाले सब तारे हमारे ही ब्रह्मांड में हैं और हमारे ब्रह्मांड की तरह प्रायः अमंल्य ब्रह्मांड और भी हैं, जो एक दूसरे से पृथक्-पृथक् हैं तब बात समझ में आयी कि विश्व की रचना वस्तुतः कंसी है।

कोरी आँख से आकाशगंगा—जैसा पहले बताया जा चुका है, आकाशगंगा बहु दीप्तिमय धारा है जो आकाश में तारों से पट्टी नदी-सी जान पड़ती है। गरमी के दिनों में स्पष्ट अँवरेरी रात में सूर्यास्त के दो-तीन घंटे बाद आकाशगंगा का सबसे अधिक चमकीला भाग हमें प्रायः सर के ऊपर दिखायी पड़ता है। यदि पास-पड़ोस में बड़े नगर की चकाचौंध करनेवाली रोशनियाँ कोई न हों तो और भी अच्छा होगा। आकाश के एक छोर से दूसरे छोर तक बिस्तृत आकाशगंगा बहुत स्पष्ट और सुन्दर दिखायी पड़ती है। उत्तर की ओर यह देवयानी (कैसोपिया) तारामंडल में से होकर जाती है और दक्षिण की ओर धनु नामक तारा-मंडल में से होकर। देवयानी से इस धनु तक दो धाराएँ दिखायी पड़ती हैं, यही सँकरी, यही चौड़ी; परन्तु हंस से चीर (दि ग्रेट रिफ्ट) पड़ते हैं। इस में आकाशगंगा अपेक्षाकृत अधिक चमकीली है; परन्तु डाल (स्पूटन) नामक तारामंडल में इसके सबसे अधिक चमकीले भाग दिखायी पड़ते हैं।

एक समय में हमें आकाशगंगा का केवल आधा ही भाग दिखायी पड़ता है, आधा भाग क्षितिज के नीचे छिपा रहता है; परन्तु समय-समय पर देखते रहने से हम इसके सब भागों को देख सकते हैं। तब हमें पता चलता है कि आकाशगंगा के कुछ भाग हंसवाले भाग से बहुत कम चमकीले हैं। वृष राशि में आकाशगंगा सँकरी और मंद प्रकाश की हो जाती है। धनु राशि से दक्षिण एक स्थान पर आकाशगंगा में काला-सा टाँप है, जो चारों ओर की चमक की अपेक्षा इतना काला जान पड़ता है कि ज्योतिषियों ने उसका नाम 'कोयले का बोरा' (कोल सैक) रख दिया है।

दूरदर्शक में आकाशगंगा—हाथवाले दो आँख के अच्छे दूरदर्शक (बाईनॉक्युलर) से या अन्य छोटे दूरदर्शक से देखने पर पता चलता है कि हजारों या लाखों मद तारों के समूह से आकाशगंगा बनी है। यदि हम आकाश के विविध भागों में एक ही नाप के क्षेत्रों में तारों की संख्या गिनें, तो तुरन्त पता चलता है कि जैसे-जैसे हम आकाशगंगा के निकट आते हैं वैसे-वैसे तारों की संख्या बढ़ती जाती है। यदि मद प्रवास के तारों की भी गिनती की जाय, जो दूरदर्शक से ही दिखायी पड़ते हैं, तो तारों की संख्या में वृद्धि और भी स्पष्ट हो जाती है। उदाहरणतः, यदि तीन इंच के दूरदर्शक से दिखायी पड़नेवाले सब तारों की गिनती की जाय, तो पता चलता है कि आकाशगंगा के समीपवर्ती भागों में उससे दूरस्थ भागों की अपेक्षा तिगुनी-चौगुनी घनी बस्ती है, परन्तु यदि १५ इंच के दूरदर्शक से दिखायी पड़नेवाले सब तारों का हिसाब

लगाया जाय तो पता चलता है कि आकाशगंगा के आन-वास दूरस्थ भागों की अपेक्षा दमगुनी घनी दस्तो है। इस जन-मंदा में स्वयं आकाशगंगा के तारों की गिनती नहीं की गयी है।

आकाशगंगा में किचपिचिया (वृत्तिका अथवा प्लाइडो) के समान तारा-मुंज भी बहुत हैं। यहाँ यह बताना उचित होगा कि राशि, तारा-मंडल, तारा-मुंज और तारामय नीहारिकाओं में क्या अंतर है। आकाश में जितने तारे दिखायी देते हैं, उन सब का नाम रखना तो प्राचीन ज्योतिषियों ने सुगम नहीं समझा; केवल कुछ के ही नाम वे रख पाये, जैसे रोहिणी, चित्रा, लघुष्यक, बनिष्ठ, इत्यादि; या अंग्रेजी में ऐन्ड्रियन, स्पेइरा, मिस्त्रियम, इत्यादि। शेष तारों को इग्निस परने के लिए बैबिलन के ज्योतिषियों ने, और उनके आधार पर पीछे मिस्र तथा यूनान (ग्रीस) के ज्योतिषियों ने तारा-समूहों को विशेष नाम दिये और वे या वैसे ही नाम आज भी प्रचलित हैं, जैसे मेष, वृष, सप्तर्षि, देवयानी, आदि या लैटिन में एन्जरोज, टॉरस, उर्गा मेजर, कैमोपिया, आदि; या अंग्रेजी में रैम, बुल, ग्रेट बेयर, आदि। इनमें से कुछ तारा-समूहों के चमकीले तारों से अवश्य उम वस्तु या जंतु का ध्यान आ जाता है, जिनके नाम से वे प्रसिद्ध हैं; उदाहरणतः, वृद्धिक के चमकीले तारों से सबमुच बिच्छू का आभास होता है। परन्तु अधिकांश तारा-समूहों के नाम रखने में कोरी बलना से काम लिया गया है। इन तारा-समूहों को तारामंडल (अंग्रेजी में कॉन्स्टेलेशन) कहते हैं।

तारामंडलों से तारों के नाम देने में सुविधा होती है। तारों के चित्रों में पहले तारा-मंडल के नामवाले जंतुओं आदि का चित्र भी बना रहता था। इंगलिश बनाया जा सकता था कि वृष (बैल) की आँख वाला तारा या वृद्धिक (बिच्छू) की पूँछ वाला तीमरा तारा, इत्यादि। जब दूरदर्शक से दिखायी पड़नेवाले तारों का भी अध्ययन आरम्भ हुआ तो केवल विशेष तारों के समूहों को ही तारामंडल नहीं कहा गया, आकाश के विविध सीमित क्षेत्रों को तारामंडल माना गया और उस क्षेत्र में पड़नेवाले सब तारों को उस तारामंडल में समझा जाने लगा। तब तारामंडल के विविध तारों को यूनानी अक्षरों से या मापारण गरपाओं से सूचित किया जाने लगा। उदाहरणतः, ऐल्फा एराइडिज का अर्थ हुआ एअरिज (मेष) तारामंडल का ऐल्फा अक्षर वाला तारा, इगी प्रथम ३० एराइडिज से एअरिज (मेष) तारामंडल का ३० नम्बर वाला तारा समझा जाता है।

सूर्य के वायव्य मार्ग में पड़नेवाले मंडलों को राशि कहते हैं। मेष, वृष, मिथुन, कर्क आदि राशियाँ हैं। इस प्रकार हम मेष तारामंडल कहने के बदले उसे मेष राशि यह कहते हैं; परन्तु राशि शब्द का एव अर्थ और है। सूर्य के मार्ग के बाहर जिन तारों को भी राशि कहते हैं। उदाहरणतः, कहा जा सकता है कि बृहस्पति का भोगास (अर्थात् मेष के प्रथम बिंदु से दूरी) ३ राशि ५ अंग १६ पर ३ बिन्दु है। यहाँ १ राशि = ३०°।

तारामंडल में छोटे कुछ विशेष समूहों को, जिनमें सूर्य या चन्द्रमा की स्थिति आसानी जाती है, नक्षत्र कहते हैं। सूर्य और चन्द्रमा के मार्ग मोटे दिनांक में एकराही हैं। इस मार्ग को २७ बराबर भागों में बाँटकर प्रत्येक को एक नक्षत्र कहते हैं और अश्विनी, मरगो, वृत्तिका, आदि उनका नाम रख दिया गया है। इस प्रकार नक्षत्र शब्द तीन अर्थों में प्रयुक्त होता है—(१) गोर्दारा,

हैं; परन्तु अधिक शक्तिशाली दूरदर्शकों से लिए गये फोटोग्राफों से पता चलता है कि ऐसे स्थान भी वस्तुतः तारों के घने समूह हैं।

आकाशगंगा का रूप—पहले बताया जा चुका है कि हमारी मंदाकिनी-संस्था कुम्हार की चारु की तरह वृत्ताकार और चिपटी परन्तु बीच में फूली हुई है। ऊपर के चित्र में मंदाकिनी-संस्था की रूपरेखा दिखायी गयी है; परन्तु स्मरण रखना चाहिए कि मंदाकिनी-संस्था की कोई तीक्ष्ण सीमा नहीं है। तारों की वस्ती सर्वत्र एक समान घनी रहने के बदले धीरे-धीरे बाहर की ओर क्षीण होनी जाती है और यह कहना कि वस्ती वहाँ समाप्त होती है कठिन है। कुछ तारे, जो निसंदेह मंदाकिनी-संस्था के ही सदस्य हैं, चित्र में निरूपित सीमा के बाहर हैं। मंदाकिनी-संस्था के उस रूप को जो पृथ्वी-निवासियों को दिखायी पड़ता है आकाशगंगा कहते हैं।

जहाँ तक पता चला है, मंदाकिनी-संस्था अपने केंद्र की चारों ओर कुम्हार की चारु की तरह, नाच भी रही है। केंद्र से सूर्य तीस-पैंतीस हजार प्रकाशवर्ष की दूरी पर है। इससे सूर्य लगभग १५० मील प्रति सेकंड के वेग से चलता है, यद्यपि आस-पास के चमकीले तारों के सापेक्ष सूर्य केवल १२ मील प्रति सेकंड चलता जान पड़ता है। कारण यह है कि ये चमकीले तारे स्वयं चलाप्रमाण हैं। यह कि आकाशगंगा अपनी घुरी पर नाच रही है, गत पचीस वर्षों में ही निश्चयात्मक रूप से जाना जा सका है। इसका प्रमाण हम कई प्रकार से पाते हैं। एक रीति तो यह है कि हम पड़ोस के तारों का अध्ययन करें।

पड़ोस के तारे—जैसा पहले बताया जा चुका है, निवटतम तारा हमसे लगभग 3×10^4 मील की दूरी पर है, अर्थात् इसकी दूरी

३,००,००,००,००,००,००० मील

है। इसलिए पड़ोस का अर्थ सँभल कर लमाना चाहिए। मान लीजिए कि हम केवल उन तारों पर विचार करना चाहते हैं जो हमसे ढाई सौ प्रकाशवर्ष से अधिक दूर नहीं हैं। इन सब तारों की निजी गति और दृष्टिरेखा में वेग नापने पर और गणना करने पर पता चलना है कि सूर्य इन सब तारों के मुख्यकेंद्र के सापेक्ष लगभग १२ मील प्रति सेकंड के वेग से भीम (हरकमुलीज) तारामंडल की ओर जा रहा है। परन्तु इसमें यह न समझना चाहिए कि सूर्य की वास्तविक गति यही है।

उन्नीसवीं सताब्दी के ज्योतिषियों ने सूर्य की गति से उत्पन्न हुये परिणामों के अनिश्चित तारों की गतियों के बारे में कुछ अधिक ज्ञान न था। परन्तु १९०४ में हॉलेंड के प्रसिद्ध ज्योतिषी बेंप्टाइन ने अपने अनुसंधानों के बल पर घोषित किया कि तारों के दो समूह हैं, जो एक दूसरे से पृथक् हो रहे हैं। बेंप्टाइन ने आकाश को छोटे-छोटे खंडों में बाँट कर यह देखा आरम्भ किया कि प्रत्येक खंड के तारों में किस प्रकार की निजी गति है। उसे पता चला कि तारे अनियमित रूप से नहीं चलते रहते हैं। अधिकांश तारे दो दिशाओं में चलते हैं। प्रत्येक आकाशीय खंड में इस प्रकार तारा-गति का अध्ययन करने पर अतिम निष्कर्ष यही निकलता है कि तारों की दो धाराएँ हैं। एक धारा ढाल (स्वूटम) की ओर, दूसरी मृगशिरा (ओरायन) की ओर जा रही है। इसमें ध्यान देने योग्य बात यह है कि इन दोनों दिशाओं को मिलानेवाली रेखा आकाशगंगा की धरा-

नीहारिकाएँ

तल में हैं। उस समय तो इसका कारण न ज्ञात हो सका कि तारे क्यों इस प्रकार चलते हैं; परन्तु कुछ वर्ष बाद यह सिद्ध किया गया कि यह हमारी मंदाकिनी-संस्था के अपनी घुरी पर घूमने का परिणाम है।

यह जान कर कि मंदाकिनी-संस्था किस वेग से अपनी घुरी पर घूमती है और उसका विस्तार कितना है, इसकी भी गणना की जा सकती है कि इस संस्था में कुल द्रव्य कितना है। अनुमान किया गया है कि कुल द्रव्य सूर्य के द्रव्य का लगभग २ लाख गुना होगा। इसमें से लगभग आधा द्रव्य केंद्रीय भाग में है और शेष द्रव्य दूर तक विस्तृत बिपटे भाग में। मंदाकिनी-संस्था अपनी घुरी पर एक चक्कर लगभग २० करोड़ वर्ष में लगाती है। पहली बार तो जान पड़ता है कि यह अति मंद गति है; पर तु स्मरण रखना चाहिए कि इसी घूमने से सूर्य में १५० मील प्रति सेकंड अर्थात् लगभग साढ़े पाँच लाख मील प्रति घंटे का वेग उत्पन्न हो जाता है। यह भी स्मरण रखना चाहिए कि २० करोड़ वर्ष में एक बार घूमना औसत गति है। प्रत्येक तारे में निजी गति भी है। इसलिये तारों की गति का चित्र वस्तुतः इतना सरल नहीं है जितना ऊपर के स्थूल वर्णन में बताया गया है। फिर यह भी ज्ञात नहीं हो सका है कि मंदाकिनी संस्था क्यों घूमती रहती है। अनुसंधान हो रहा है, और ऐसा जान पड़ता है कि निकट भविष्य में ही सफलता मिलेगी।

देवयानी नीहारिका—देवयानी तारामंडल में एक सफ़िल नीहारिका है, जो कोरी आँस से देखी जा सकती है। इसका विपुवांश ० घंटा ४० मिनट है और अक्षांश $+41^{\circ}$ । परसात के बाद और जाड़े में यह स्वच्छ आँखों रातों में सुगमता से दिखायी पड़ती है। आकाशगंगा से यह लगभग २०° पर है। इस नीहारिका की मेसिये संख्या ३१ है। कोरी आँस से इसमें कोई ध्योरे नहीं दिखायी पड़ते, परन्तु दूरदर्शक में यह नीहारिका बहुत ही सुन्दर जान पड़ती है। बड़े दूरदर्शकों से लिए गए फोटोग्राफों से इसकी रचना स्पष्ट हो जाती है। बीच में प्रकाशमय फंड्र है और उगते सफ़िलाकार भुजाएँ निकली हैं; परन्तु तिरछा दिखायी पड़ने के कारण भुजाएँ उतनी स्पष्ट और पुष्प नहीं दिखायी पड़ती जितनी कई अन्य सफ़िल नीहारिकाओं में। बड़े दूरदर्शकों द्वारा जाँच से पता लगता है कि केंद्र और भुजाएँ सभी अंग असम्बन्ध तारों के समूह हैं।

पृष्ठभूमि में नन्ही-नन्ही सफ़िल नीहारिकाएँ और अप्रभूमि में चमकीले तारे बहुत दिखायी पड़ते हैं, जिनसे अनुमान किया जाता है कि देवयानी नीहारिका की दिशा में धूल आदि घिसप-अधिक गती हैं जो प्रकाश का शोषण कर ले। इस नीहारिका के आस-पास दिखायी पड़ने वाली नन्ही-नन्ही नीहारिकाएँ अत्यन्त दूर होने के कारण ही नन्ही जान पड़ती हैं। इनमें से कोई भी नीहारिका ऐसी नहीं है जो एक करोड़ प्रकाश-वर्ष से कम दूरी पर हो। जिनसे तारे देवयानी नीहारिका के आस-पास दिखायी पड़ते हैं, वे हमारी मंदाकिनी-संस्था के हैं और देवयानी नीहारिका की तुलना में हमारे बहुत पास हैं। देवयानी नीहारिका की दो शाखियाँ भी हैं, जो आभास में छोटी हैं, परन्तु पृष्ठभूमि की नीहारिकाओं से बहुत बड़ी दिखायी पड़ती हैं। देवयानी नीहारिका की दो दूरी पर रहने के कारण अवश्य वे देवयानी नीहारिका के पास होंगी। इसी वे वे देवयानी नीहारिका की शाखियाँ कहलानी हैं।

सेकीइड तारों की चमक घटने-बढ़ने के चक्रकाल से पता चलता है कि देवयानी नोहारिका हमसे लगभग साढ़े सात लाख प्रकाश-वर्ष की दूरी पर है। परन्तु संभव है कि इस नोहारिका और हमारे बीच में कुछ धूल हो जिसके कारण नोहारिका का प्रकाश धूमिल हो गया है। इसलिए इस दूरी में ५० हजार प्रकाश-वर्ष की त्रुटि हो सकती है।

नाप—देवयानी नोहारिका कितनी बड़ी है, इसका उत्तर अब हम दे सकते हैं, क्योंकि दूरी ज्ञात होने से कोणीय नाप को हम मीलों में परिवर्तित कर सकते हैं। बड़े दूरदर्शकों से लिए गये अच्छे फोटोग्राफों में यह नोहारिका लगभग १६० कला लंबी और लगभग ४० कला चौड़ी है। इस प्रसंग में स्मरण रखना चाहिए कि पूर्ण चन्द्रमा का व्यास लगभग ३२ कला है। इस प्रकार, यदि नोहारिका का संपूर्ण विस्तार हमें कोरी आँख से दिखाई पड़ता तो पूर्ण चन्द्रमा से उसका क्षेत्रफल हमको सात गुना अधिक प्रतीत होता।

गणना करने से पता चलता है कि पूर्वोक्त नाप के अनुसार देवयानी नोहारिका की लम्बाई लगभग ३५,००० प्रकाश-वर्ष होगी और चौड़ाई लगभग ८,७०० प्रकाश-वर्ष। नोहारिका अधिक चिपटी हमें इसीलिए दिखायी पड़ती है कि हम उसे तिरछी दिसा से देख रहे हैं। यदि हम उसकी धरातल से समकोण बनाती हुई दिसा से उसे देख सकते तो हमको यह वृत्ताकार दिखायी पड़ती। उसे वृत्ताकार मान कर गणना करने से यह परिणाम निकलता है कि हमारी दृष्टिरेखा नोहारिका के धरातल से कुल १५ अंश का कोण बनाती है। एक प्रकार हम प्रायः उसके धरातल में हैं।

आँख से, चाहे हम बड़े दूरदर्शक की सहायता भी क्यों न लें, इस नोहारिका को सपिल भुजाएँ हमें नहीं दिखायी पड़ती। केवल फोटोग्राफों से ही उनका पता चलता है। दूरदर्शक द्वारा यह नोहारिका ऐसी दिखायी पड़ती है जैसे त्रिनी तारे को हम कुहेमा में दूरा हुआ देखें। इसका अर्थ यह है कि नोहारिका के केंद्र से दूर पर स्थित भाग बहुत मंद प्रकाश के हैं। जब हम बड़े दूरदर्शक से लिए गये अच्छे प्लेट के घनत्व का अनुमान केवल आँख से न करके सूक्ष्म-घनत्वमापक से नापते हैं तो पता चलता है कि नोहारिका वस्तुतः उससे भी बहुत अधिक विस्तृत है, जितनी यह फोटोग्राफ में दिखायी देती है। सूक्ष्म-घनत्वमापक यंत्र में प्रकाश को सिलोनियम-सेल की सहायता से विद्युत में परिवर्तित कर लेने के और उसे अत्यन्त सूक्ष्म विद्युत्मापक से नापते हैं। इस प्रकार प्लेट का घनत्व बड़ी सूक्ष्मता से नाप जाता है। इससे नापने पर पता चलता है कि क्षेत्रक ४ में नोहारिका ३० पूर्ण चंद्रो के क्षेत्रफल से कम नहीं है। वस्तुतः यह बहुत बड़ी नोहारिका है। साथ ही एक बात और ध्यान देने योग्य है। सूक्ष्म-घनत्वमापक से नापने पर पता चलता है कि नोहारिका प्रायः गोल है। इसलिए हम यह कह सकते हैं कि नोहारिका का घना भाग पहिले की तरह वृत्ताकार है जिसका केंद्र बहुत चमकीला है, और यह पहिया सब ओर से मंद प्रकाश युक्त आवरण से अवगुठित है। अभी पता नहीं है कि यह अवगुठन मंद प्रकाश के असम्य तारों से निर्मित है अथवा गैसमय है। निकट भविष्य में इतने बड़े दूरदर्शक या इतने तेज प्लेट के बनने की आशा नहीं है कि हम अवगुठन के भेद को जानने में सफल हो सकें; परन्तु अपनी मंदान्त्रिनी-संस्था की

संरचना को ध्यान में रखते हुए यह अधिक संभव जान पड़ता है कि देवयानी नीहारिका वा अव-
गुठन तारामय ही हो।

देवयानी नीहारिका की एक संगिनी मेसिये ३२ है। माउंट विलसन के १०० इंचवाले दूरदर्शक से फोटोग्राफ लेने पर इसकी तारामय संरचना स्पष्ट हो जाती है। इसकी दूरी भी उतनी ही है जितनी देवयानी नीहारिका की। देवयानी नीहारिका की दूसरी संगिनी एन० जी० सी० २०५ है। देवयानी नीहारिका से यह छः ध्वेणी मंद है; परन्तु उतनी ही दूरी पर रहने के कारण अवश्य ही उससे सबन्धित है। इसके अस्तित्व से हमें यह सूचना मिलती है कि सभी तारामय नीहारिकाएँ मंदाकिनी-संस्था या देवयानी नीहारिका की तरह बड़ी नहीं होती, परन्तु छोटी नीहारिका की भी वास्तविक चमक हमारे सूर्य से ७० लाख गुनी अधिक है; देवयानी नीहारिका की वास्तविक चमक इससे भी सवा दो सौ गुनी अधिक है।

ऊपर बताया गया है कि देवयानी नीहारिका का अवगुठन दूर तक विस्तृत है। वस्तुतः उस नीहारिका की पूर्वोक्त दोनों साधिनियाँ भी इसी अवगुठन में लिपटी हुई हैं। इस प्रकार इन तीनों को निक नीहारिका समझने के बदले उन्हें मिला कर एक ही नीहारिका समझना अधिक उत्तम होगा।

मेसिये ३३—मेसिये ३३ देवयानी नीहारिका से लगभग १४ अंश की दूरी पर है। पृथ्वी से इस नीहारिका की दूरी लगभग देवयानी नीहारिका के समान ही है और बहुत संभव है दोनों में कोई भीतिक संबंध भी हो। इसलिए कभी-कभी इसे भी देवयानी नीहारिका की साधिनी समझा जाता है। फोटोग्राफो से पता चलता है कि मेसिये ३३ भी सपिल नीहारिका है। हमारी दृष्टिरेखा इसके धरातल से प्रायः ३० अंश का कोण बनाती है। इसलिए इसकी सपिल भुजाएँ हमें अधिक स्पष्ट दिखायी पड़ती हैं। यह काफी बड़ी नीहारिका है।

देवयानी नीहारिका की तौल—हम देवयानी नीहारिका की तौल का भी अनुमान अच्छी तरह कर सकते हैं। गणना किया गया है कि उसका द्रव्यमान एक अरब सूर्यों से कम न होगा और दो खरब सूर्यों से अधिक न होगा। इससे अधिक सूक्ष्म गणना करना इसलिए असंभव है कि कई बातों, जैसे चमक, दूरी आदि, ठीक-ठीक ज्ञात नहीं है।

अब हम इसका भी अनुमान कर सकते हैं कि इस नीहारिका में जितने तारे होंगे। यदि सभी तारे हमारे सूर्य के समान हो तो प्रत्यक्ष है कि उन की संख्या एक अरब और दो खरब के बीच होगी। तौल का अनुमान करने के लिए हम देखते हैं कि यदि नीहारिका हमारे सूर्य की दूरी पर लायी जा सकती तो यह हमको सूर्य से लगभग डेढ़ अरब गुनी चमकीली दिखायी पड़ती। परन्तु इस नीहारिका में कई तारे ऐसे हैं जिन्हें ज्योतिषी दंत्य (जार्जट) और अति दंत्य (सुपर जार्जट) वर्ग में रखते हैं। यदि कल्पना की जाय कि सूर्य और इन तारों से तौल में बराबर-बराबर द्रव्य

हम लेते हैं तो इन बराबर द्रव्यों की चमक एक-सी न होगी। दंत्य और अति दंत्य तारों के द्रव्य से अधिक चमक निकलेगी। परंतु अधिक समझ है कि देवयानी नीहारिका के अधिकांश तारे हमारे सूर्य से अधिक भारी और कम चमकीले हों। वे वैसे तारे होंगे जिन्हें ज्योतिषी वामन (इवार्फ) तारे कहते हैं। इस प्रकार के तारों में यहाँ परिणाम निकलता है कि यद्यपि देवयानी नीहारिका की वास्तविक चमक हमारे सूर्य से डेढ़ अरब गुनी अधिक है, तो भी अधिकांश तारों के वामन होने के कारण उसकी तौल सूर्य की तौल की सरब-दो सरब गुनी हो सकती है।

इस प्रकार हमने सात नीहारिकाओं की सरसरी जाँच कर ली है : अपनी मंदाकिनी-संस्था; दोनों मैंगलन मेघ; देवयानी नीहारिका, उसकी दो साधिनियाँ, और एक पड़ोसिन (मेसिये ३३)। आगामी अध्याय में हम नीहारिकाओं को क्रमबद्ध वर्गों में विभाजित करने की चेष्टा करेंगे।

तृतीय अध्याय

नीहारिकाओं की जातियाँ

नीहारिकाओं का वर्गीकरण—नीहारिकाओं का वर्गीकरण कई प्रकार से किया जा सकता है; परंतु उनकी दो मुख्य जातियाँ हैं: एक तो गांग (अंग्रेजी में गैलैक्टिक) और दूसरा अगांग (एक्स्ट्रा गैलैक्टिक)। अगांग नीहारिकाओं को अंग्रेजी में नॉनगैलैक्टिक या एनागैलैक्टिक भी कहते हैं। इन्हीं को ब्रह्मांड (अंग्रेजी में गैलैक्सी) भी कहते हैं।

गांग नीहारिकाओं का नाम ऐसा इसलिए पड़ा है कि वे हमारी आकाशगंगा के घरातल में या इस घरातल के पास रहती हैं; अगांग नीहारिकाएँ इस घरातल से दूर रहती हैं। यद्यपि गांग और अगांग नाम आकाशगंगा के पास रहने या न रहने से ही पड़े हैं, तो भी नीहारिकाओं की इन दो जातियों में कई बातों में महत्वपूर्ण अंतर है, जो आकाशगंगा के पास रहने या न रहने पर निर्भर नहीं हैं। उदाहरणतः, अगांग नीहारिकाएँ बहुत दूर हैं, उनकी वास्तविक चमक अधिक है, लवाई-बीजामें वे अति विस्तार होती हैं और उनकी संरचना सफ़िल या गोलाम होती है। गांग नीहारिकाएँ अपेक्षाकृत निचट और छोटी तथा असफ़िल होती हैं; वस्तुतः वे हमारी मंडाकिनी-संस्था के ही अवगंठ हैं।

गांग नीहारिकाएँ—गांग नीहारिकाओं को मोटे हिसाब से दो वर्गों में बाँटा जा सकता है : (१) प्रसृत (डिस्पूज) और (२) ग्रहीय (प्लैनिटरी)। प्रसृत नीहारिकाओं की रूप-रेखाएँ तीक्ष्ण नहीं होती और न वे किसी विपरीत आकृति की होती हैं। ऐसी नीहारिकाएँ बहुत कुछ हल्के, बिखरे बादल की तरह होती हैं। प्रसृत नीहारिकाओं को दो उपवर्गों में बाँटा जा सकता है, प्रकाशमय और अप्रकाशमय। परंतु इन दोनों मेंल की नीहारिकाओं में कोई मौलिक अंतर नहीं जान पड़ता। अधिकांश वे हम प्रकार एक दूसरे में मिली रहती हैं कि उनको एक दूसरे से पृथक् नहीं माना जा सकता। वे एक ही नीहारिका की विविध टुकड़ियाँ हैं, जो बड़ी प्रकाशमय नहीं अप्रकाशमय, रहती हैं। प्रकाशमय नीहारिकाओं को हम बहुधा चमकीली नीहारिकाएँ कहेंगे और अप्रकाशमय नीहारिकाओं को काली नीहारिकाएँ।

ग्रहीय नीहारिकाओं का नाम इसलिए पड़ा है कि वे बृत्ताकार या प्रायः बृत्ताकार दिखाई पड़ती हैं, जिन प्रकार ग्रह होते हैं। अवश्य ही वे अपनी प्रदीप्ति नहीं होती; परंतु आधुनिक प्रायः बृत्ताकार होती हैं और उनकी रूपरेखा तीक्ष्ण होती है। ऐसी नीहारिकाओं में एक बिंदुपणा यह भी होती है कि उनके केंद्र में कोई चमकीला तारा रहता है।

प्रसृत नीहारिकाएँ—आधुनिक फोटोग्राफों तथा अन्य साधनों से यह निश्चित है कि तारों के बीच का स्थान पूर्णतया रिक्त नहीं है। उद्यम अनु और कण विद्यते पड़े हैं, अर्थात् अंतरिक्ष

में धूलि है। इस धूलि का घनत्व भी सर्वत्र एक-सा नहीं है। घनत्व वही-नही तो प्रायः शून्य के बराबर है, और कही-नही इतना है कि पीछे के तारे बहुत-कुछ छिप जाते हैं। हमारी मंदाकिनी-संस्था में इस प्रकार का पदार्थ बहुत है, वहीं-कहीं अंधकारमय पदार्थ चमकीले पदार्थ के सामने आ गया है और तब वह अंधकारमय पदार्थ हमको अंधकारमय नीहारिका के रूप में दिखाई पड़ता है। थोड़भूँही नीहारिका (दि हॉर्स हेड नेब्युला) इसका एक सुन्दर उदाहरण है। फोटोग्राफ देखते ही पता चलता है कि प्रकाशमय नीहारिका के सम्मुख काले बादल के समान जुटे पदार्थ से इस नीहारिका की उत्पत्ति हुई है।

अन्य स्थानों में धूलि चमकीले तारों के पास है, जिसके कारण वह चमक उठती है। उस में चमक दो तरह से उत्पन्न हो सकती है। या तो अत्यंत तप्त तारों की अदृश्य पराकाशनी तरंगों से क्षुब्ध होने पर उसमें निजी प्रकाश उत्पन्न होता है; या अपेक्षाकृत कम तप्त तारों का प्रकाश उनपर पड़ कर विखर जाता है और तब नीहारिका का पदार्थ उन्हीं प्रकार प्रकाशमय हो जाता है, जिस प्रकार सड़क के बिद्युत्-दीपों से पास-पड़ोस का बुहेसा। नीहारिकाओं के वर्णपटों से स्पष्ट पता चल जाता है कि प्रकाश विखर कर आ रहा है या नीहारिकाओं की निजी उपज है। पहले इन बातों को वैज्ञानिक लोग भी ठीक-ठीक नहीं समझ पाये थे। थोड़ी-सी ऐसी प्रदीप्त नीहारिकाओं की जाँच से जिनमें निजी प्रकाश उत्पन्न हुआ था, उन्होंने यह समझ रखा कि सभी प्रकाशमय नीहारिकाएँ अत्यंत तप्त गैस हैं। फिर उन्हें अचरज होता था कि इतनी प्रसरित अवस्था में होते हुए भी कि उनके अणु और वण एक दूसरे से दूर-दूर पर होंगे, वे कैसे तप्त रह पाती हैं। १८६४-६८ में विलियम हगिन्स (W. Huggins) ने अपने वर्णपटनिरीक्षक (स्पेक्ट्रोस्कोप) से नीहारिकाओं की परीक्षा की। उसने देखा कि कई नीहारिकाओं के वर्णपटों में इन्ने-गिने रंगों की किरणों में ही सारी दीप्त सीमित है। ऐसा वर्णपट साधारणतः तब उत्पन्न होता है जब कोई गैस अति तप्त होकर स्वयं प्रदीप्त हो जाती है। हगिन्स के बाद औरों ने भी नीहारिकाओं के वर्णपटों की जाँच की और उनको भी यही परिणाम मिला। इसीलिए लोगों को विश्वास हो गया कि नीहारिकाओं में अति तप्त गैस रहती है। परंतु १९१२ में लॉवेल वेघवाल्ला के वी० एम० स्लाइफर (V. M. Slipher) ने घोषित किया कि कृत्तिवाओं की घेर रखनेवाली नीहारिका के वर्णपट में चमकीली पृष्ठ-भूमि है और उनमें काली धारियाँ हैं; और यह वर्णपट ठीक वैसा ही है, जैसा बातावरण में लिपटे तारों का होता है। पीछे इसी प्रकार के वर्णपट कई अन्य नीहारिकाओं से भी मिले। तब सिद्ध होगया कि कुछ नीहारिकाएँ नेबुल पृष्ठभूमि के तारों के प्रकाश से ही हमें दिखाई पड़ती हैं। यह सिद्धांत कि शेष नीहारिकाएँ तप्त रहने के बदले पड़ोस के तारों से आये अदृश्य पराकाशनी तरंगों से क्षुब्ध होकर चमकती हैं, आई० एस० बोवेन (I.S. Bowen) का था और १९२७ में प्रकाशित हुआ। यह सिद्धांत अब पूर्णतया सतोषजनक समझा जाता है। इसके पहले अमरीका के हबल (Hubble) ने वेधों से सिद्ध किया था कि जब पड़ोस के तारे का तापक्रम २०,००० डिग्री सेंटीग्रेड से अधिक रहता है, तब नीहारिका से चमकीली रेखाओंवाला वर्णपट मिलता है और जब तारा उससे कम तापक्रम का रहता है तब नीहारिका से काली रेखाओंवाला वर्णपट

नीहारिकाएँ

मिलता है। उसने यह भी देखा था कि नीहारिका का चमकीला भाग कितना विस्तृत है, यह इस पर निर्भर है कि केंद्रीय तारा कितना चमकीला है। तारा जितनाही चमकीला रहता था नीहारिका उतनी ही अधिक दूर तक विस्तृत मिलती थी। इन दोनों बातों से इसीका संकेत होता था कि नीहारिका स्वयं अतिरिक्त होने के कारण नहीं चमकती। उसे किसी-न-किसी प्रकार पास के तारे से सहायता मिलती है। बोवेन का सिद्धांत इन्हीं बातों पर आधारित है।

नीहारिकाओं की गति—जिन नीहारिकाओं के वर्णपटों में चमकीली रेखाएँ होती हैं दृष्टिरेखा में उनका वेग निकाला जा सकता है। कारण यह है कि यद्यपि प्रकाश मंद रहता है तो भी थोड़ी-सी चटक रेखाओं में एकत्रित रहने के कारण उन रेखाओं का फोटोग्राफ लिख आता है। लिक वेधशाला के ज्योतिषियों ने कई नीहारिकाओं के दृष्टिरैखिक वेग नापे हैं। परिणाम यह निकला है कि अधिकांश नीहारिकाएँ अपसाकृत मंद गति से चलती हैं। बहुतों का वेग छ-सात मील प्रति घंटा है। संपूर्ण वेग ज्ञात करने के लिए दृष्टिरेखा से समकोण बनानेवाली दिशा में भी वेग मात होना चाहिए; परन्तु यह वेग नहीं नापा जा सका है, क्योंकि नीहारिकाओं में कोई सीढ़ण बिन्दु या रेखा ऐसी नहीं रहती जिस पर ध्यान देने से नीहारिका का वेग सूक्ष्मता से नापा जा सके। फिर, नीहारिकाओं के अच्छे फोटोग्राफ थोड़े ही दिनों से संभव हो सके हैं। अधिक समय बीतने पर ही, दुबारा फोटोग्राफ लेकर, नीहारिकाओं की निजी गति जानी जा सकेगी। स्मरण रहे कि दृष्टिरेखा में वेग डॉपलर सिद्धांत से, वर्णपट की जाँच से नापा जाता है और इसके लिए केवल एक वर्णपट-फोटोग्राफ काफी होता है। दृष्टिरेखा से समकोणवाली दिशा का वेग दो फोटोग्राफों की तुलना से जाना जाता है; तुलना से देखा जाता है कि इन दोनों फोटोग्राफों में नीहारिका अपनी पहली स्थिति से कितनी दूर हट गई।

घटने-बढ़नेवाली नीहारिकाएँ—थोड़ी-सी ऐसी भी नीहारिकाएँ हैं, जिनका प्रकाश घटता-बढ़ता जान पड़ता है। उनके केंद्रीय तारों का प्रकाश भी घटता-बढ़ता है। पहले तो ऐसा समझा गया कि तारों के प्रकाश के न्यूनाधिक होने के कारण ही नीहारिकाओं का प्रकाश घटता-बढ़ता होगा। परन्तु खोज से पता चला कि दोनों के प्रकाश की घटती-बढ़ती में कोई संबंध नहीं है। इस विषय में अभी और खोज की आवश्यकता है; परन्तु ऐसी नीहारिकाएँ आकाश में कम हैं। एक दर्जन से कम ही ऐसी नीहारिकाएँ देखी गयी हैं। अनुमान यह किया जाता है कि इन नीहारिकाओं की धूल आदि निश्चल अवस्था में नहीं हैं, जैसे बादलों के चलते रहने से कभी बहुत अंधरा कभी बहुत उजाला पृथ्वी पर हुआ करता है, उसी प्रकार इन नीहारिकाओं में कभी घना, कभी पतला भाग के हमारे सामने आ जाने से प्रकाश घटता-बढ़ता-जा जान पड़ता है।

शाली नीहारिकाएँ—आकाशगंगा में कई स्थान ऐसे हैं जहाँ कोई तारा नहीं दिखाई पड़ता। कोयले की बोरी (कोल संक) की चर्चा पहले की जा चुकी है। इसी प्रकार के अन्य स्थान भी हैं, यद्यपि वे इतने बड़े नहीं हैं। बड़े हरषोल ने इन में से कुछ को देखा था। उसकी धारणा थी कि ये आकाश के छिद्र हैं जिनसे अनन्त दूर तक वायु दिसाई पड़ता है। अमरीका के बारलांड ने संकड़ों ऐसे रिक्त स्थानों की सूची बनाई। उसके अध्ययन ने उसे अन्त में इस सिद्धांत पर

पहुँचाया कि तारों से जगमगाते आकाश में ऐसे स्थान छिद्र नहीं हैं; वे बाले बादल हैं जो तारों को ढके हुए हैं। इन्हें हम अंधकारमय या काली नीहारिकाएँ कहते हैं। ऐसी नीहारिकाएँ छोटी भी हैं और बड़ी भी। आकाशगंगा में हंस (सिगनस) से नराश्व (सेंटॉरस) तक जो दो शाखाएँ हो गयी हैं वे भी बीच में काली नीहारिका के पड़ जाने से ही बन गयी हैं। कुछ दूरस्थ सपिल नीहारिकाओं में भी काली मेखला सपिल नीहारिका को घेरे हुये दिखायी पड़ती है। इनसे तुलना करने पर हमारी आकाशगंगा में भी काली नीहारिका का बीच में पड़ जाना कोई विचित्र बात नहीं जान पड़ती।

काली नीहारिकाएँ अवश्य परमाणु, अणु, धूलि, कण, आदि से बनी होंगी; परंतु यह पदार्थ आया कहाँ से? पहले तो यह सिद्धांत उपस्थित किया गया कि यह पदार्थ तारों में से ही प्रकाशचाप के कारण निकला होगा। यह प्रसिद्ध बात है कि छोटे कणों पर प्रकाश का दबाव पड़ता है। इसी कारण पुच्छल तारों की पूँछ सदा सूर्य से उलटी दिशा में रहती है। नूतन तारों में, अर्थात् उन तारों में जो पहले इतने भंद रहते हैं कि उन पर कोई विशेष ध्यान नहीं देता; परंतु अचानक विस्फोट के कारण वे अत्यन्त चमकीले हो जाते हैं, अवश्य पदार्थ निकलता देखा गया है। परंतु सूर्य में विस्फोट से निकला पदार्थ फिर सूर्य में ही गिरता हुआ दिखाई पड़ता है। इसलिए यदि कुछ पदार्थ दूर चला जाता होगा तो वह कम ही मात्रा में। हाल के अनुसंधानों से पता चलता है कि हमारी भंदाविनी-संस्था की सारी काली नीहारिकाओं का कुल द्रव्यमान समस्त तारों के द्रव्यमान के लगभग बराबर ही होगा। इसलिए यह विरोध संभव नहीं जान पड़ता कि इतना सारा पदार्थ तारों में से ही निकला हो। यह भी संभव नहीं जान पड़ता कि यह अधकारमय पदार्थ सृष्टि के आरंभ से ही वर्तमान था; परंतु इस प्रश्न पर कि पदार्थ कहाँ से आया, विचार करने के पहले इस पर विचार करना अधिक उचित होगा कि देख लिया जाय कि यह पदार्थ क्या है, किस रूप में है और कितना है।

यह देखकर कि सूर्य के आस-पास के तारे किस प्रकार चल रहे हैं, गतिविज्ञान के आधार पर इसकी गणना की जा सकती है कि सूर्य के पड़ोस में द्रव्य का घनत्व क्या होगा। ओर्ट (Oort) के अनुसंधानों से पता चला है कि सूर्य के पड़ोस में धूलि और गैस का घनत्व लगभग 3×10^{-16} ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर होगा। यह घनत्व बहुत ही कम है। सरपों के बराबर पदार्थ को महीन चूर्ण करके एक मील व्यास के गोले में बिखेर देने से जो घनत्व प्राप्त होगा, लगभग उन्ना ही घनत्व तारों के बीच के अंतरिक्ष में है। केवल अरब-खरब मील की गहराई के कारण ही उमका कुछ प्रभाव दिखाई पड़ता है; लाख दो लाख मील या करोड़ दस करोड़ मील की गहराई तक इस धूलि का प्रभाव उपेक्षणीय हो होगा।

अब प्रश्न यह उठता है कि आकाश में बिखरे हुए कण कितने बड़े होंगे, इसका पता तारों के रंग से लगता है। धूलि और गैस में से आने से तारों का रंग कुछ ललछोह हो जाता है, ठीक उसी प्रकार जैसे प्रातः या सायंकाल का सूर्य हमें लाल दिखाई पड़ता है। तारों के रंगों में कितनी लाली धूलि आदि के कारण उत्पन्न होती है, इसे जानने से हम धूलि के कणों का औसत व्यास जान सकते हैं। परंतु यह स्मरण रखना चाहिए कि तारा स्वयं ललछोह हो सकता है।

अब प्रश्न यह उठता है कि ये धूलिकण किस पदार्थ के हैं। क्या इन कणों में लोहा आदि धातु है या पृथ्वी की धूलि की तरह ये बालू के कण हैं या वे केवल हिम कण हैं। प्रत्यक्ष है कि हम अंतर्तारकीय धूलि की बानगी बंदोर कर प्रयोगशाला में उस का निरीक्षण नहीं कर पायेंगे; परंतु भौतिक विज्ञान, गणित और तर्क से अंतर्तारकीय धूलि की संरचना का भी अनुमान किया जा सका है।

धातुओं पर जब प्रकाश पड़ता है तब प्रकाश के अधिक भाग को धातु सोख लेती है और इससे धातु गरम हो जाती है; परंतु अधातु पर, जैसे बालू आदि पर, जब प्रकाश पड़ता है, तब उस का अधिक भाग बिखर जाता है। भौतिक विज्ञानवाले इसका कारण भी अब जान गये हैं कि ऐसा क्यों होता है; परंतु उस कारण को यहाँ उपस्थित करने की आवश्यकता नहीं है। परिणाम ही यहाँ पर्याप्त होगा। अब सोचने की बात है कि बिखरने के बदले यदि प्रकाश का अधिकतर शोषण होता तो तारों के बीच का आकाश हमें काला लगता। प्रकाशविद्युत यंत्र से तारों के बीच के आकाश को आकाशगंगा में नापने पर और पृष्ठभूमि के तारों से आये प्रकाश को घटाने पर काफी प्रकाश बच रहता है, जो अवश्य ही अंतर्तारकीय धूलि से बिखर कर आता होगा। इस प्रकार के खोजों से अंतिम परिणाम यह निकलता है कि अंतर्तारकीय धूलि अधिकतर अधातुओं से बनी होगी। वह धूलि बालू (सिलिका) या जल के परमाणुओं की हो सकती है।

अंतर्तारकीय गैस—तारों के बीच के रिक्त स्थान में धूलि-कणों के अतिरिक्त गैस के अणु अवश्य होंगे; परंतु यह कोरा अनुमान ही नहीं है। इसका प्रमाण भी मिला है। गैस के अणु तारों के प्रकाश से बिोषण रंगों को सोख लेते हैं और इस प्रकार उनके कारण तारों के वर्णपटों में काली धारियाँ बन जाती हैं। परंतु ऐसी काली धारियाँ तारे के निजी प्रकाश में भी रह सकती हैं। इसलिए यह मान लेने के पहले कि काली रेखाएँ अंतर्तारकीय धूलि से बनी हैं, हमें प्रमाण मिलना चाहिए कि ये काली रेखाएँ तारे पर ही नहीं बनी हैं। इसका प्रमाण उन युग्म तारों से मिला है, जो एक दूसरे के चारों ओर नाचते रहते हैं, या यों कहिये कि दोनों अपने सम्मिलित गुरुत्वकेंद्र के चारों ओर नाचते रहते हैं। इसलिए इन तारों में से जब एक हमारी ओर आता रहता है तब दूसरा हम से दूर जाता रहता है। परिणाम यह होता है कि डॉपलर नियम के अनुसार वर्णपट में एक तारे के आये प्रकाश की काली रेखाएँ कुछ दाहिने हट जाती हैं और दूसरे तारे के प्रकाश की रेखाएँ कुछ बाएँ हट जाती हैं, जिससे इन तारों के प्रकाश से बनी रेखाएँ दोहरी हो जाती हैं। परंतु अंतर्तारकीय गैसों से उत्पन्न काली रेखाएँ एचहरी और इसलिए तीक्ष्ण रह जाती हैं। पहली बार १९०४ में हार्टमान (Hartmann) ने देखा कि डेल्टा ओरायनिस नामक युग्म तारे के वर्णपट में अन्य रेखाएँ तो चौड़ी या दोहरी हो जाती हैं; परंतु कैल्सियम की रेखाएँ तीक्ष्ण और स्थिर रहती हैं। इसलिए स्पष्ट है कि अंतर्तारकीय धूलि में अवश्य कैल्सियम के परमाणु हैं। पीछे अधिक सज्जिशाली यंत्रों से इस मामले को जाँच करने पर कैल्सियम के अतिरिक्त पोटैशियम, सोडियम, टाइटेनियम और लोहा के अस्तित्व का भी पता चला। इन भौतिक धातु-तत्वों के अतिरिक्त ऑक्सीजन और कार्बन, हाइड्रोजन तथा नाइट्रोजन के

विशेष योगिकों का पता लगा है। अनुमान दिया जाता है कि तत्त्वों में से हाइड्रोजन ही सबसे अधिक मात्रा में विद्यमान होगा। कुछ वैज्ञानिकों का अनुमान है कि अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष में प्रायः वे सभी तत्व होंगे जो पृथ्वी या सूर्य में हैं; केवल कम मात्रा में या विशेष अवस्था में रहने के कारण उनकी रेखाएँ अभी तक वर्तमान यंत्रों से नहीं देखी जा सकी हैं।

बाली नीहारिकाओं की दूरी—काली नीहारिकाओं की दूरी ज्ञात करने के लिए सन्ति-
शाली सांख्यिक रीतियों का उपयोग किया गया है। जर्मन ज्योतिषी मैक्स वोल्फ ने पहले-पहल इस रीति का उपयोग किया। आकाश के दो क्षेत्र चुन लिये जाते हैं, जो क्षेत्रफल में बराबर रहते हैं। एक क्षेत्र तो ऐसा चुना जाता है जहाँ काली नीहारिका रहती है; दूसरा क्षेत्र ऐसा जहाँ अंतर्राष्ट्रीय धूल के कारण न्यूनतम शोषण होता है। इन क्षेत्रों में विविध श्रेणियों के तारों की गिनती की जाती है। इन गिनतियों की तुलना से पता चलता है कि चमकीले तारे तो दोनों क्षेत्रों में प्रायः बराबर संख्या में रहते हैं; परन्तु एक विशेष चमक से कम चमकवाले तारों की गिनती बाली नीहारिकावाले क्षेत्र में कम रहती है। इसका अर्थ यह लगाया जाता है कि उस विशेष चमक से अधिक चमकीले तारे नीहारिका के इस पार हैं और उमसे कम चमकीले तारे औसत नीहारिका के उस पार हैं। गणना से पता रहता ही है कि किसी विशेष औसत चमक के तारे हमसे कितनी दूरी पर हैं। इसलिए मान हो जाता है कि नीहारिका हमसे कितनी दूरी पर है। देखा गया है कि बाली नीहारिकाएँ आकाशगंगा के दूरस्थ भागों से दूर नहीं हैं और इसलिए ये हमारी मद्राक्षिणी-मंस्या के ही अंग हैं। यह भी नापा गया है कि अधिकांश बाली नीहारिकाएँ ३० प्रतिशत से लेकर ९० प्रतिशत तक प्रकाश का शोषण करती हैं।

ग्रहीय नीहारिकाएँ—हर्गेल और उसके समूह के ज्योतिषियों ने देखा कि आकाश में कहीं-कहीं ऐसे निम्न भी थे जो चमक में नीहारिकाओं की तरह थे; परन्तु उनकी वृत्ताकार आकृति ग्रहों की तरह थी। इनका निश्चित था कि वे निम्न ग्रह नहीं थे, क्योंकि ग्रह तारों के बीच चलते रहते हैं और सूर्य की प्रशिक्षण करते हैं; परन्तु ये निम्न तारों के बीच निश्चल थे। ग्रहों की आकृति के होने के कारण गर विलियम हर्गेल ने इनको ग्रहीय नीहारिकाएँ कहना आरम्भ किया, यद्यपि उनमें और ग्रहों में कोई भी संबंध नहीं है। यह सब सूर्य के पास हैं; परन्तु ग्रहीय नीहारिकाएँ ३,००० से ३०,००० प्रकाशवर्ष पर हैं, जहाँ, जैसा पहले बताया जा चुका है, एक प्रकाशवर्ष 3×10^{11} मील का होता है। ग्रहीय नीहारिकाओं के केंद्र में नीला तारा रहता है। नीले रंग का अर्थ यह है कि वह तारा अति गरम होगा। नीले ज्योतिषियों ने यह निष्कर्ष किया कि नीहारिकामय आवरण का प्रकाश बहुत केंद्रीय तारे के परावर्तनीय प्रकाश से उत्पन्न होता है। पाटरो ने आपत्तिजनक प्रमाणों के टुकड़े टुकड़े देखा होगा। हमारी नज्दिक के भीतर प्रदीप्तमान (पटुप्रोरेमेट) पदार्थ पुला जाता है। अब नज्दिक के एक मिने में दूसरे मिने का निष्प्रमाण (दिग्गम) होता है तब भी तब-नी-मज्दिक परावर्तनीय प्रकाश उत्पन्न होता है। यदि नज्दिक एकत्र होनी तो हमसे बहुत कम प्रकाश मिलता, क्योंकि विभिन्न परावर्तनीय प्रकाश को हम देख नहीं सकते। परन्तु अब ऐसा प्रकाश प्रदीप्तमान पदार्थ पर पड़ता है तब उस पदार्थ से उत्पन्न प्रकाश निश्चल नदता

है। इसी तरह ग्रहीय नीहारिकाओं में भी प्रकाश उत्पन्न होता है। केंद्रीय तारे से जितना प्रकाश हमें मिलता है उसका चालीस, पचास गुना प्रकाश हमें उसके आवरण से मिलता है। अनुमान किया गया है कि केंद्रीय तारे का तापक्रम लाख या सवा लाख डिग्री सेंटीग्रेड होता होगा।

ग्रहीय नीहारिकाएँ कोई छोटी और कोई बड़ी होती हैं, परन्तु साधारणतः उनका व्यास दस खरब मील के आस-पास होता है। यह व्यास सूर्य और पृथ्वी के बीच की दूरी से दस हजार गुना बड़ा है। परन्तु नीहारिका का द्रव्यमान सूर्य के द्रव्यमान का पंचमांश ही होगा। इस प्रकार केंद्रीय तारे की छोड़ ग्रहीय नीहारिकाओं में इतना कम घनत्व रहता है कि उनकी बल्पना भी हमारे लिए कठिन है। अच्छे-से-अच्छे यंत्र से जब हम किसी बरतन की हवा को पंप से निकाल डालते हैं तब भी हम इतना कम घनत्व नहीं उत्पन्न कर पाते। गोंडवर्ग और ऐलर ने अपनी पुस्तक 'एटमस, स्टार्स ऐंड नेब्युली' में ग्रहीय नीहारिकाओं की संरचना और घनत्व दरसाने के लिए निम्न उदाहरण दिया है :

"मान लीजिये कि पानी पीने के साधारण गिलास में साधारण तापक्रम पर और साधारण निपीड (प्रेसर) पर हाइड्रोजन गैस भरी है। इसमें एक चम्मच साधारण वायु मिला दीजिये और घूल के दो-चार घण्टा। अब गिलास को घन्द कर दीजिये और बल्पना कीजिये कि गिलास बड़ कर माउंट एवरेस्ट के बराबर हो जाता है और फूँक कर उसका व्यास दो मील हो जाता है। तो गिलास के भीतर प्रसरित गैस घनत्व में और संरचना में बहुत-कुछ ग्रहीय नीहारिकाओं के समान हो जायगा।"

ये नीहारिकाएँ बहुत बड़ी हैं; इसी से वे हमें दिख जाती हैं अल्पमा उनका पृष्ठ के प्रति वर्गमील से इतना कम प्रकाश आता है कि उनका दिखाई पड़ना कठिन ही होता।

जैसा पहले कहा जा चुका है ग्रहीय नीहारिकाएँ प्रायः वृत्ताकार होती हैं और उनकी सीमा तीक्ष्ण होती है। प्रसृत नीहारिकाओं की तरह उनका क्षेत्र धीरे-धीरे मंद प्रकाश का हो कर नहीं मिटता है।

ग्रहीय नीहारिकाओं का वर्णपट—चमकीले प्रसृत नीहारिकाओं के वर्णपट की तरह ग्रहीय नीहारिकाओं के वर्णपट में भी चमकीली रेखाएँ रहती हैं। ये रेखाएँ तीव्र रहती हैं जिस का अर्थ यह है कि नीहारिका का घनत्व कम है। हाइड्रोजन की रेखाएँ प्रमुख होती हैं। हीलियम की रेखाएँ भी साधारणतः वर्तमान रहती हैं। ऑक्सीजन की रेखाएँ सब से चटक होती हैं। बहुत दिनों तक ऑक्सीजन वाली रेखाओं की उपस्थिति समझ में नहीं आती थी, क्योंकि ऐसी रेखाएँ हमारी प्रयोगशालाओं में कभी देखने में न आयी थी। इस विचार से कि नीहारिकाओं में सम्भवतः नवीन तत्त्व हैं जिस के कारण ये रेखाएँ बनती हैं। ज्योतिषियों ने उस बल्बिन तत्त्व का नाम "नेब्यूलियम" रख दिया। परन्तु भौतिक विज्ञान और रसायन में उन्नति होने पर इतना निश्चय हो गया कि किसी नवीन तत्त्व के लिए प्रकृति में स्थान नहीं है। अब हम जानते हैं कि ये रेखाएँ ऑक्सीजन के कारण उत्पन्न होती हैं। नीहारिकाओं की अपेक्षा पृथ्वी पर परिस्थिति

इतनी विभिन्न हैं कि ऑक्सिजन यही उस प्रकार चमक नहीं पाता जिस प्रकार वह नीहारिका पर चमकता है, परंतु सिद्धांत के बल पर हम देखते हैं कि कल्पित नेब्यूलियम वाली रेखाएँ वस्तुतः ऑक्सिजन की रेखाएँ होंगी।

उत्पत्ति—ग्रहीय नीहारिका को हम तारे का वातावरण समझ सकते हैं जो दूर तक पहुँचा हुआ है। परंतु प्रश्न यह है कि इतना विस्तृत वातावरण उत्पन्न कैसे हुआ होगा। हम जानते हैं कि कुछ तारों में विस्फोट होता है जिससे तारे की चमक बहुत बढ जाती है। इससे प्रायः अदृश्य तारा बहुत चमकीला हो जाता है और ऐसा जान पड़ता है जैसे नवीन तारा उत्पन्न हो गया हो। ऐसे तारों को नूतन तारा या नवीन तारा (अंग्रेजी में नोवा) कहते हैं। क्या यह संभव है कि ग्रहीय नीहारिकाएँ नूतन तारों के अवशेष हैं? समर्थन में यह कहा जा सकता है कि लिफ वेपशाला के अनुसंधानों से स्पष्ट है कि ये नीहारिकाएँ अब भी फैल रही हैं, और हम यह जानते हैं कि नूतन तारों के वातावरण फैलते रहते हैं, और यह भी कि बहुत से नूतन तारे अत्यंत तप्त हैं, उसी प्रकार जैसे ग्रहीय नीहारिकाओं के केंद्र वाले तारे। परंतु ग्रहीय नीहारिकाओं को नूतन तारों के अवशेष मानने में एक कठिनाई है। नूतन तारों से प्रक्षिप्त पदार्थ अति वेग से बाहर जाता है। वेग का कई सौ मील प्रति सेकंड होना नूतन तारों के वातावरण के लिए कोई असामान्य बात नहीं है। परंतु ग्रहीय नीहारिकाओं के वातावरण में फैलने का वेग केवल लगभग १५ मील प्रति सेकंड होता है। यह अवश्य संभव है कि नूतन तारों के वातावरण पहले अधिक वेग से फैलते हो, फिर धीरे-धीरे। यह भी हो सकता है कि कुछ नूतन तारे धीरे-धीरे ही बढ़ते हों। परंतु यदि यही मान लिया जाय कि ग्रहीय नीहारिकाएँ उसी वेग से अन्तर्काल से ही बढ़ती रही हैं जिस वेग से वे इस समय बढ रही हैं तो उनकी आयु कुल ३०,००० वर्ष निकलती है। यदि बढ़ने का वेग पहले अधिक था और अब कम है तो उनकी आयु और भी कम होगी। यदि तर्क के लिए मान लिया जाय कि उनकी आयु ३०,००० ही वर्ष है तो हम देखते हैं कि अन्य तारों के सामने उनकी आयु एक निमेष मात्र है। यदि ये नीहारिकाएँ इसी प्रकार फूलती रहेंगी तो कुछ हजार वर्षों में—और इतना समय सामान्य तारों के जीवन में केवल क्षण भर के तुल्य है—ग्रहीय नीहारिकाएँ अंतर्दार्शिकी अंतरिक्ष में विलीन हो जाएंगी, परंतु संभव है कि तब तक कई नई ग्रहीय नीहारिकाएँ अन्य तारों के विस्फोट से तैयार हो जायें। इस समय ग्रहीय नीहारिकाओं की संख्या लगभग २०० है।

तारापुंज—आकाश में कहीं-कहीं छोटे-से क्षेत्र में बहुत-से तारे एक-साथ ही दिखाई पड़ते हैं। यदि तारों का घनत्व पर्याप्त रहता है तो ऐसे समूहों को तारापुंज कहते हैं। दो-चार तारापुंज कोरी आँख से देखे जा सकते हैं। इनमें कृत्तिका तारापुंज सबसे अधिक प्रसिद्ध है। कोरी आँख से, अर्थात् बिना दूरदर्शक की सहायता लिए, इसमें छः, या यदि दर्शक की दृष्टि अति तीक्ष्ण है तो सात तारे दिखाई पड़ते हैं। परंतु छोटे दूरदर्शक में इस तारा-पुंज में सौ से अधिक तारे दिखाई पड़ते हैं। एक दूसरा तारा-पुंज रोहिणी (ऐल्डिवर्न) नामक तारे को घेरे हुए है। रोहिणी तारा ध्रुव चमकीला है, पुंज का नाम वृषभिका (हाडीज, Hyades) है। इस तारा-पुंज को

भी प्राचीन काल के ज्योतिषियों ने देखा था। केस (कोमा बेरेनसेज़) तारामंडल में भी एक तारापुंज है जो कोरी आँख से दिखाई पड़ता है, यद्यपि यह मंद चमक का है। लगभग बीस अन्य तारापुंज हैं जिनके तारे कोरी आँख से पृथक्-पृथक् नहीं दिखाई पड़ते; उन्हें देखने पर ऐसा जान पड़ता है जैसे वे नीहारिकाएँ हों।

दूरदर्शक से देखने पर कुछ तारापुंजों में हजारों तारे एक साथ ही दिखाई पड़ते हैं। वे बहुत सुन्दर जान पड़ते हैं। परंतु इनका महत्त्व केवल इतना ही नहीं है कि वे सुन्दर या विचित्र हैं। इन तारापुंजों के अध्ययन से ज्योतिष के ज्ञान में बड़ी वृद्धि हुई है। तारों की दूरियों के ज्ञान में इनसे विशेष सहायता मिली है। इनकी संरचना तथा तारों की निजी गति से स्पष्ट हो जाता है कि एक तारापुंज के तारे हमसे लगभग एक ही दूरी पर रहते हैं। इसलिए पुंजों के तारों के अध्ययन से चमक और वर्णपट का संबंध, या परिवर्तनशील तारों के चक्राल और उनकी वास्तविक चमक का संबंध अधिक निश्चितता से स्थापित किया जा सका है। इन तारापुंजों के अध्ययन से विश्व के संगठन का ज्ञान और काली नीहारिकाओं के अस्तित्व का प्रमाण अधिक अच्छा मिल सका है।

दूरदर्शक से ही दिखाई पड़ने वाले तारापुंजों में से अधिकांश का पता मेसिये, विलियम हार्लो और जॉन हार्लो को लग चुका था। मेसिये की सूची में, जो सन् १७८४ में छपी थी, ५७ तारापुंजों का उल्लेख था। तारापुंजों को इंगित करने के लिए था तो मेसिये संख्याओं का था जो ए० ई० ड्रायर (Dreyer) के न्यू जेनरल कैटलॉग (एन० जी० सी०, N.G.C.) में दी गयी संख्याओं का प्रयोग किया जाता है।

तारापुंजों की जातियाँ—हार्लो ने तारापुंजों को दो जातियों में विभक्त किया था, खुले तारापुंज और सघन तारापुंज। पहले तो समझा यही जाता था कि ये दो जातियाँ विशेष विभिन्न नहीं हैं, केवल संयोगवश किसी में कम किसी में अधिक तारे होते हैं, परंतु अमरीका के ज्योतिषी हार्लो शेपली की खोजों से पता चला है कि इन दो जातियों में अत्यंत महत्वपूर्ण अंतर है। केवल उनकी संरचना में ही अंतर नहीं है, हमारे विश्व में सघन तारापुंजों का स्थान ही कुछ और है।

खुले तारापुंजों में दो-चार दर्जन से लेकर दो-चार हजार तक तारे हो सकते हैं। उनकी आकृति किसी विशेष रूप की नहीं होती और दूरदर्शक से सब तारे सुगमता से पृथक्-पृथक् दिखाई पड़ते हैं। ये तारापुंज आकाशगंगा में बिखरे हुए हैं। ऐसा जान पड़ता है मानो आकाशगंगा के ही तारे वही-वही अधिक घनीभूत हो गये हैं और इस प्रकार ये तारापुंज उत्पन्न हुए हैं। आकाशगंगा में ही पाये जाने के कारण इन तारापुंजों को गाम-तारापुंज (गैलेक्टिक क्लस्टर) भी कहते हैं और अब यही नाम अधिक प्रचलित है।

सघन तारापुंजों को अब गोलार्कार तारापुंज (ग्लोब्युलर क्लस्टर) कहते हैं। इनमें कई हजार से कई लाख तक तारे रहते हैं। प्रायः सभी का संगठन एक-सा होता है। बीच में

से निरूपित करें तो आलसीनों को चार-चार पाँच-पाँच मील पर एक-दूसरे से रखना पड़ेगा । डेढ़ सौ मील व्यास के गोले में तीन-चार सौ पिन लगा देने से तारापुंज की मूर्ति प्रस्तुत हो जायगी ।

अन्य तारापुंज कृत्तिका-तारापुंज से साधारणतः छोटे ही हैं ; उनका व्यास १५ से ७५ प्रकाशवर्षों तक होगा । अधिक तारे वाले पुंज कम तारे वाले पुंजों से अधिक विस्तृत हैं । इस-लिए प्रत्येक सौ पिन प्रकाशवर्ष में तारों की गिनती मोटे हिमाय से प्रायः एक-जैसी ही रहती है ।

वर्णपट और निजी गति—विविध तारापुंजों के तारों के वर्णपटों में बड़ी विभिन्नता हो सकती है । कृत्तिका-तारापुंज के तारे प्रायः सभी अतितप्त हैं । उनमें बहुत-से वामन तारे भी हैं । दैत्य और अनि दैत्य तारों का प्रायः अभाव है । परंतु क्षुब्ध तारापुंज (हायाबीज) में कम तापक्रम के दैत्य तारे बहुत-से हैं । ऊपर हम देख चुके हैं कि तारापुंजों में तारों का घनत्व विशेष अधिक नहीं होता । तो भी सूर्य के आस-पास तारों का घनत्व जितना है उसका लगभग १०० गुना घनत्व कृत्तिका-तारापुंज के केंद्र पर है । तारापुंजों के सबसे अधिक घनकीले तारे हमारे सूर्य से बहुतों कई हजार गुना अधिक घनकीले होते हैं । घनकीले तारे साधारणतः मंद तारों से अधिक भारी भी होते हैं । केंद्रीय भारी तारों के आकर्षण के कारण ही पुंज के अन्य तारे छिटकने न पाते होंगे ।

तारापुंजों में युग्म तारे भी होते हैं, जिनमें कुछ युग्मों के सदस्य इतने सटे रहते हैं कि वे दूरदर्शक से भी पृथक्-पृथक् नहीं देखे जा सकते, केवल वर्णपट से उनके युग्म तारा होने का पता चलता है । वर्णपट में उन की बाली रेखाएँ दोहरी हो जाती हैं, जो इस बात का प्रमाण है कि तारा युग्म तारा है, एक सदस्य हमारी ओर आ रहा है और दूसरा उलटी ओर जा रहा है । परंतु गाग-तारापुंजों में ऐसी-सी तारे नहीं मिलते जिनका प्रकाश नियमानुसार घटा-बढ़ा करता है । इसी से इन तारापुंजों की दूरियाँ उतनी मन्चाई से नहीं नापी जा सकती है जितनी गोलाकार तारापुंजों की ।

एक तारापुंज के विविध तारों की निजी गतियाँ प्रायः बराबर होती हैं ; अर्थात् सब तारे एक वेग से समानान्तर दिशाओं में चलते हुए दिखाई पड़ते हैं । अवश्य ही, परस्पर आकर्षण के कारण तारे टीक-टीक समानान्तर दिशाओं में न चलते होंगे ; परंतु परस्पर आकर्षण से उत्पन्न वेग सामूहिक वेग से कम होता होगा । कभी-कभी आकाश में दूर-दूर तक बिखरे तारों में एक ही निजी गति देगी जाती है । यदि उनमें और भी कोई समानता हुई तो समझा जाना है कि वे एक ही तारापुंज के तारे हैं, यद्यपि पृथ्वी इस स्थिति में (प्रायः उनके बीच में) है कि वे हमें तारापुंज के समान नहीं दिखाई देंगे । ऐसे तारापुंज का एक प्रसिद्ध उदाहरण मन्त्रिय-मण्डल है । मन्त्रिय के मान तारों में से पाँच और लक्ष्य (गिरिदग) नामक तारे समानान्तर दिशाओं में और विपक्ष वेग से भागे जा रहे हैं । उनके वर्णपटों में भी समानता है । इसलिए विद्वान् समझा जाता है कि वे तारे एक ही तारापुंज के सदस्य हैं, यद्यपि आकाश में वे एक दूसरे से बहुत दूर-दूर पर दिखायी पड़ते हैं । ऐसे तारापुंजों को चल तारापुंज (सूक्ष्म क्लस्टर) कहते हैं ।

न होंगे। उनके गोल दिवायी पड़ने का कारण यह हो सकता है कि हम प्रायः उनकी धुरी की दिशा में हैं।

गोलाकार तारापुंजों में बामन तारों का अभाव जान पड़ता है। चमकीले तारे सब लाल अनिर्दिष्ट तारे जान पड़ते हैं और ये तारे साधारण दृश्य। परंतु संभव है कि इन तारापुंजों में भी बामन तारे उपस्थित हों और अधिक दूरी के कारण वे हमको न दिवायी पड़ने हों। गणना से पता चलता है कि इन तारापुंजों में यदि हमारे सूर्य के समान चमकीले तारे होंगे तो हमारे वर्तमान दूरदर्शकों में न दिवायी पड़ेंगे।

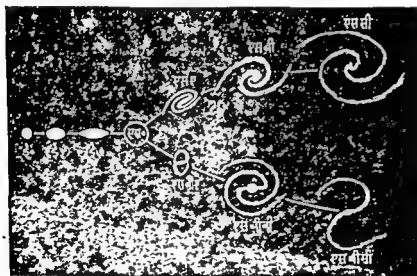
विशेष ध्यान देने योग्य बात यह है कि गोलाकार तारापुंजों में परिवर्तनशील प्रकाश वाले तारे बहुत होते हैं। अपिचान का चक्रकाल २४ घंटे से कम होता है। मैं सेरीइड तारे ही हूँ, परंतु विशेष प्रकार के होने के कारण इनको तारापुंजीय परिवर्तनशील (कन्स्टर टाइप वैरियेबल्स) कहते हैं। ऐसा समझा जाता है कि श्वास के चक्रकालिक रूप से घटते-बढ़ने रहने में इन तारों का प्रकाश घटना-बढ़ता रहता है।

गोलाकार तारापुंजों के तारों की निजी गतियाँ अभी नहीं नापी जा सकी हैं क्योंकि ये तारापुंज बहुत दूर हैं। परंतु दृष्टिरेखा में बड़े गोलाकार तारापुंजों के वेग नापे गये हैं क्योंकि यह वेग वर्णरंग में रेखाओं के विचलन से तुरंत नापा जा सकता है; अधिक बड़ तक टहर कर द्वारा फोटोग्राफ लेने की आवश्यकता नहीं रहती। पता चला है कि गोलाकार तारापुंज ५० से २५० मील प्रति सेकेंड के वेग से चलते हैं। ऐसा जान पड़ता है कि मंदाकिनी-मंस्था के बैंड के चारों ओर वे चलकर लगाते हैं।

ऊपर के विवेचन से स्पष्ट है कि गांग-तारापुंज और गोलाकार तारापुंज दोनों ही का संबंध आकाशगंगा से है—गोलाकार तारापुंज अगांग नहीं बहे जा सकते। तो भी गांग-तारापुंज के नाम से वही तारापुंज समझे जाते हैं जो गोलाकार तारापुंज नहीं हैं।

अगांग नोहारिकाओं की जातिप्रां—नीचे हबल (Hubble) का वर्गीकरण बताया जाता है। अधिकांश ज्योतिषी इस वर्गीकरण का उपयोग करते हैं। हबल ने इसे सन् १९२६ में प्रस्तावित किया था। इस वर्गीकरण में उन सब नोहारिकाओं का ध्यान रखा गया है जो इतनी चमकीली हैं कि फोटोग्राफ में ही उनकी संरचना का कुछ पता चलता है। ऐसी नोहारिकाओं में से लगभग ९८ प्रतिशत इस वर्गीकरण के अंतर्गत हैं। केवल लगभग २ प्रतिशत इस वर्गीकरण में नहीं आ पाती हैं। उनको अनियमित (इर्रगुलर) नोहारिका कहते हैं। अत्यंत मंद नोहारिकाओं की पहचान केवल इसलिए हो पाती है कि फोटोग्राफ में वे तारों की तरह तीक्ष्ण बिंदु-सी नहीं दिखाई पड़नी, वे सामान्य विस्तृत रहनी हैं। परंतु उनके संगठन का कुछ पता न रहने के कारण इस वर्गीकरण में उनपर विचार नहीं किया गया है। तोभी विश्वास किया जाता है कि उनकी संरचना भी प्रायः वैसी होगी जैसी अन्य नोहारिकाओं में देखी गयी है।

प्रथम वर्ग में वे अगांग नोहारिकाएँ रखी गई हैं जो हमें गोल और बिना भुजाओं की दिखाई पड़ती हैं। इस वर्ग को ई० (ई शून्य, E0) में सूचित किया जाता है। ई० वस्तुतः इस बात का सूचक है कि इन नोहारिकाओं में दीर्घवृत्तता शून्य के बराबर है। इसके बाद ई१ ई२, इत्यादि, ई७ तक के वर्ग हैं। इन वर्गों में रखी जाने वाली नोहारिकाएँ उत्तरोत्तर अधिक



नोहारिकाओं का वर्गीकरण

भुजाएँ नोहारिकाओं का वर्गीकरण करने के लिए के अनुसार किया गया है। नोहारिका नोहारिकाओं की ही संख्या है और उनके में दीर्घवृत्त नोहारिकाओं के नोहारिका विभिन्न होने के अनुसार किया गया है। दीर्घवृत्ताकार है। यदि किसी दीर्घवृत्त (एलिप्स) का दीर्घाक्ष क है और लघु अक्ष ल, तो उस दीर्घवृत्त की दीर्घवृत्तता सूचक सूत्र का— $k = \frac{c}{h}$ का मान देकर १० से गुणा करने पर प्राप्त होता है। उमी की ई के मान लिख देने से नोहारिका का वर्ग ज्ञात होता है। आकाश में इस से अधिक बिजली नोहारिकाएँ दिखाई नहीं पड़ती।

की सोज की। इनके सिद्धांत का व्योरेवार विवरण आगामी अध्याय में दिया जायगा। संक्षेप में, यदि नीहारिका प्रायः गोलाकार हो और धीरे-धीरे नाच रही हो तो संकुचित होने पर वह अधिक वेग से नाचने लगेगी। इसलिए उसका चिपटापन अधिक हो जायगा। पास-पड़ोस के अन्य पिंडों के आकर्षण से मध्य रेखा के पास ज्वार-भाटा उठेगा और तब कुछ द्रव्य छटकने लगेगा। भुजाएँ इसी द्रव्य से बनेंगी। ये भुजाएँ सपिलाकार होंगी, परंतु स्थायी न रहेंगी। वे कई टुकड़ों में टूट जायेंगी और प्रत्येक टुकड़े से एक गोल तारा बन जायगा। परंतु इस क्रिया में करोड़ों वर्ष लगेंगे। इसलिए हम इस मिद्धांत के सत्य होने, न होने, का प्रत्यक्ष प्रमाण नहीं पा सकते। यदि सिद्धांत ठीक हो तो कई सौ वर्षों में भी नीहारिका के रूप में इतना कम परिवर्तन होगा कि हम कह न सकेंगे कि मिद्धांत ठीक है या नहीं।

वितरण—अगांग नीहारिकाओं का प्रत्यक्ष वितरण पहले बताया जा चुका है। विचार करने से पता चलता है कि संभवतः ये नीहारिकाएँ सर्वत्र समरूप से छिटकी हुई हैं। यह अवश्य सत्य है कि आकाशगंगा के पास ये कम दिखाई देती हैं, परंतु संभव है कि मंदाकिनी-संस्था में बिलरी घूलि के कारण आकाशगंगा के धरातल में ये मिट जाती हैं। माउंट विलसन के १०० इंच वाले दूरदर्शक से लिये गये फोटोग्राफों में नीहारिकाओं को मावधानी से गिनने पर पता चला कि आकाशगंगा के धरातल के समीप जाने में अगांग नीहारिकाओं की संख्या अत्यंत नियमित रूप से घटती है। घटने का नियम वस्तुतः यही है, जो यह मानने में हमें मिलता है कि हमारे चारों ओर घूलि का वातावरण है जिसमें प्रकाश वातावरण की गहराई के अनुपात में घटता है। आकाशगंगा की दिशा में दूरस्थ नीहारिकाओं के प्रकाश को बहुत दूर तक इस घूलि में चलना पड़ता है। इसलिए वे हमें दिखाई नहीं पड़ती। अनुमान किया गया है कि आकाशगंगा के धरातल में समकोण बनानेवाली दिशा में—अर्थात् गाम ध्रुवों की दिशा में—प्रकाश का पचमास मिट जाता है। अन्य दिशाओं में इसमें अधिक प्रकाश मिट जाता है, यहाँ तक कि आकाशगंगा की दिशा में अगांग नीहारिकाएँ दिखाई ही नहीं पड़ती हैं। गाम ध्रुवों की दिशा में केवल अपिष्ट ही नहीं, झुड़-की-झुड़ नीहारिकाएँ भी दिखाई पड़ती हैं। कुछ झुड़ों में १०० में अधिक नीहारिकाएँ हैं। एक में ५०० से अधिक नीहारिकाएँ हैं। इन झुड़ों की नीहारिका-गुंज कहना अधिक उचित होगा।

ऊपर आकाशीय वितरण की चर्चा की गई है। जब हम गहराई पर भी विचार करने हैं, अर्थात् जब हम नीहारिकाओं की दूरी पर भी विचार करने हैं, तो पता चलता है कि जहाँ तक हमारे दूरदर्शकों की पहुँच है, वहाँ तक नीहारिकाएँ अनरिक्त में सर्वत्र एक रूप से बिखरी हुई हैं। इस का प्रमाण यह है कि जब हम इतना कम प्रकाशदर्शन (एक्सपोजर) देकर फोटोग्राफ लेते हैं कि दगर्बी ध्रेणी तक की नीहारिकाओं का फोटोग्राफ उतरे, फिर इतना प्रकाशदर्शन देते हैं कि बाह्यरी ध्रेणी तक की नीहारिकाओं का फोटोग्राफ उतरे, और इसी प्रकार चौदहवीं, सोलहवीं आदि ध्रेणियाँ तक की नीहारिकाओं के फोटोग्राफ उतारे जाते हैं, और इन सब ध्रेणियाँ तक की नीहारिकाओं को गिनते हैं तो उनकी गिनती उगी क्रम से बढ़ती है किंतु क्रम से नीहारिकाओं के सर्वत्र एक समान घनत्व से बिखरे रहने पर बढ़ती। इसमें प्रत्यक्ष हो जाना है कि

नीहारिकाएँ

अगांग नीहारिकाओं की दुनिया सीमित नहीं है। स्मरण रखना चाहिए कि जब इसी रीति का प्रयोग करके तारों के बिखरे रहने का पता लगाया गया था तब पता चला था कि तारे बहुत दूर तक नहीं फैले हैं। वे सीमित स्थान में ही बिखरे हैं। इसका समर्थन पोछे तब हुआ जब उनकी दूरिय नापी जा सकी और पता चला कि तारे सब हमारी ही मंदाकिनी-संस्था में हैं।

अगांग नीहारिकाएँ अंतरिक्ष में नितनी दूर-दूर पर बिखरी हुई हैं, इसका अनुमान निम्न-लिखित युक्ति से किया जा सकता है। यदि हम पैमाने के अनुसार इन नीहारिकाओं का निरूपण करना चाहें और हम दिल्ली शहर को अपनी मंदाकिनी-संस्था का केंद्र मानें तथा अपने निकटतम शीप-विश्व को मरठ पर रखें तो इस पैमाने पर हमारी मंदाकिनी-संस्था दिल्ली शहर से कुछ ही बड़ी ठहरेगी। मरठ शहर हमारे निकटतम विश्व-शीप को निरूपित करने के लिए काफी बड़ा है। हम देखते हैं कि शीप-विश्व बहुत दूर-दूर पर छिटके हुए हैं और उनके बीच बहुत-सा स्थान खाली छूटा है। साथ ही सब ज्ञात शीप-विश्व इतनी दूर तक फैले हुए हैं कि पूर्वोक्त पैमाने पर सबको पृथ्वी के बराबर गोले में निरूपित नहीं किया जा सकेगा; पृथ्वी छोटी पड़ेगी।

नीहारिका-पुंज—ऊपर कहा गया है कि नीहारिकाएँ सर्वत्र समरूप से बिखरी हुई हैं, परंतु यह बात तभी सत्य है जब मंद और चमकीली सभी नीहारिकाओं पर विचार किया जाय। यदि केवल अनेकाष्ट चमकीली ही नीहारिकाओं पर ध्यान दिया जाय तो पता चलता है कि कई स्थानों पर चमकीली नीहारिकाओं का घना समूह है। १५ नीहारिका-पुंजों में से प्रत्येक में १०० से अधिक नीहारिकाएँ हैं। लगभग १०० नीहारिका-पुंज ऐसे हैं जिनमें १२ से अधिक नीहारिकाएँ हैं। कई हजार पुंजों में केवल दो या तीन नीहारिकाएँ हैं, परंतु उनमें भीतिक नबध स्पष्ट जान पड़ता है। आकाशगंगा से आकाश दो लगभग बराबर गोलाओं में बँट जाता है। यदि केवल चौदहवीं श्रेणी तक की नीहारिकाओं की ही गिनती की जाय तो उत्तरी गोला में दक्षिणी गोलार्ध की अनेका लगभग डेढ़ नीहारिकाएँ हैं, यद्यपि २०वीं श्रेणी तक की नीहारिकाओं को भी सम्मिलित करने पर दोनों गोलार्धों में नीहारिकाओं की संख्या प्रायः बराबर है, कुछ ज्योतिषियों को इस का प्रमाण मिला था कि जिस प्रकार आकाश में ऐसी मेखला है जिसमें तारे भी एक मेखला हैं जिसमें अगांग नीहारिकाओं की संख्या बहुत अधिक है, उसी प्रकार आकाश में ऐसी ऐसी किसी मेखला के अस्तित्व का प्रमाण नहीं मिला। संभवतः संयोगवश ही चमकीली अगांग नीहारिकाएँ कहीं अधिक, कहीं कम हैं।

स्थानीय समूह—निकटतम नीहारिकाओं की दूरियों पर ध्यान देने से ऐसा जान पड़ता है कि अपनी मंदाकिनी-संस्था और १२ अन्य अगांग नीहारिकाओं का एक समूह है जो शीप-नीहारिकाओं से पर्याप्त रूप से पृथक् है। इस समूह को बहुधा स्थानीय समूह (लोकल ग्रुप) कहते हैं। इस समूह में हमारी मंदाकिनी-संस्था, इसकी दो साधिनियाँ, अर्थात् दोनों मैगलन में, देवयानी नीहारिका और उसकी दो छोटी साधिनियाँ, और एक पडोसिन—त्रिमृज (ट्राइएंगुलम)

तारामंडल की नीहारिका—और चार अन्य वामन नीहारिकाएँ हैं। इनके अध्ययन से बहुत-सी बातें ज्ञात होती हैं जो संभवतः अन्य नीहारिकाओं के लिये भी सत्य होंगी। स्थानीय समूह की सात सदस्याओं का वर्णन पहले दिया जा चुका है। यहाँ वामन सदस्याओं का संक्षिप्त वर्णन दिया जायगा।

एन० जी० सी० ६८२२ और आई० सी० १६१३ दो छोटी-छोटी भगंग नीहारिकाएँ हैं जो वर्गीकरण के अनुसार अनियमित नीहारिकाएँ हैं। इनमें अति दैत्य तारे भी कई एक हैं। इन दो वामन नीहारिकाओं के अतिरिक्त दक्षिणी आकाश में भट्ठी (फॉर्लेक्स) और मूर्तिकार (स्कल्पटर) तारा मंडलों में भी एक-एक वामन नीहारिकाएँ हैं जो दीर्घवृत्ताकार हैं। उनमें अति दैत्य तारे नहीं हैं। इन वामन नीहारिकाओं की दूरी २ से ७ लाख प्रकाशवर्ष हैं और इसलिये ये हमारे स्थानीय समूह में हैं, यद्यपि इस स्थानीय समूह के अन्य सदस्यों से पूर्णतया पृथक् हैं। इन चार वामनों में से प्रथम दो अनियमित नीहारिकाएँ हैं, और उनका संगठन बहुत-कुछ मैगिलन मेघों की तरह है। भट्ठी (फॉर्लेक्स) वाली वामन नीहारिका निर्विदेह भगंग नीहारिका है, परंतु उस का संगठन गोलाकार तारा पुंज-सा है; अंतर इतना ही है कि वह गांग तारा पुंजों से बहुत बड़ा है और उसमें तारे इतने घने नहीं बिखरे हुये हैं जितने वे साधारणतः गोलाकार तारापुंजों में रहते हैं। तारा-घनत्व में लगभग १/७५ गुने का अंतर है और व्यास में १० गुने का। मूर्तिकार (स्कल्पटर) वाली नीहारिका भट्ठी (फॉर्लेक्स) वाली नीहारिका-जैसी है।

इन वामन नीहारिकाओं से पता चलता है कि आकाश में करोड़ों वामन नीहारिकाएँ अपेक्षाकृत पास में ही होंगी, परंतु अन्य नीहारिकाओं से छोटी होने के कारण वे हमको नहीं दिखाई पड़ती। सप्तर्षि, सिंह और पडोश (सेक्सटैन्स) तारा मंडलों में भी वामन नीहारिकाएँ दिखाई पड़ती हैं जिनकी दूरी १२ लाख प्रकाशवर्ष आँकी गयी है। जैसे मैगिलन मेघ की नीहारिकाएँ हमारी मदाकिनी-संस्था की साथिनियाँ हैं और देवयानी नीहारिका के पास वाली वामन नीहारिकाएँ देवयानी नीहारिका की साथिनियाँ हैं, संभव है उसी प्रकार सब वामन नीहारिकाएँ बड़ी नीहारिकाओं के पड़ोस ही में पाई जाती हों; परंतु अभी कुछ निश्चित रूप से नहीं कहा जा सकता। अधिक शक्तिशाली यंत्र बन रहे हैं और भविष्य में अवश्य कई नयी बातों का पता चलेगा।

कन्या-तारामंडल में नीहारिका-पुंज—तेरहवीं श्रेणी तक की नीहारिकाओं के क्लोटो-ग्राफों में सबसे प्रमुख नीहारिका-पुंज कन्या-तारामंडल में है। इसके केंद्र का विपुवांश साढ़े बारह घंटा है और क्रांति -12° । इस नीहारिका-पुंज का अधिकांश कन्या-तारामंडल में है परंतु कुछ भाग बहर तक भी चला जाता है। विपुवत के समीप होने के कारण उत्तरी तथा दक्षिणी सभी वेधशालाओं से इसका अध्ययन किया गया है। फिर, आकाशगंगा से कुछ दूर होने के कारण प्रकाश-शोषण भी इतना नहीं है कि कोई कठिनाई पड़े। अपेक्षाकृत समीप होने के कारण इस नीहारिका-पुंज की प्रत्येक सदस्या का अध्ययन साधारण उचित के दूरदर्शकों से भी किया जा सकता है।

एस सी (Sc) वर्ग कहा जाता है। माउंट विलसन के १०० इंच वाले दूरदर्शक से इनमें से अधिकांश नीहारिकाओं में पृथक्-पृथक् तारे देखे गये हैं। ये तारे अतिदीप्तताकार जाति के हैं। कम चमकीले तारे अभी हमारे बड़े से बड़े दूरदर्शकों में भी दिखाई नहीं पड़ते। कुछ चिप्टो गोलाकार नीहारिकाओं में पृथक्-पृथक् तारे नहीं देखे जा सकते हैं, संभवतः इसलिए कि उनमें अति-दीप्ताकार तारे हैं ही नहीं।

इस नीहारिकापुंज की कई नीहारिकाओं का दृष्टिरेखीय वेग नापा गया है। इससे पता चलता है कि पुंज हमसे, लगभग ७०० मील प्रति सेकंड के वेग से दूर जा रहा है। परंतु जब नीहारिकाओं के वेगों पर अलग-अलग विचार किया जाता है तब पता चलता है कि ये नीहारिकाएँ एक दूसरे के हिसाब से भी बहुत वेग से चलती हैं। १५०० मील प्रति सेकंड तक का वेग भी कुछ नीहारिकाओं में मिला है। इन वेगों के आधार पर प्रत्येक नीहारिका की औसत द्रव्यमान का भी अनुमान लगाया गया है। उत्तर आश्चर्यजनक है कि प्रत्येक नीहारिका का औसत द्रव्यमान २ सत्रह सूर्यों के बराबर है। यह देखते हुए कि इन नीहारिकाओं से कुल कितना प्रकाश आता है इतना द्रव्यमान होना असंभव-सा जान पड़ता है। अधिक खोज की आवश्यकता प्रतीत होती है। इन नीहारिकाओं के जगत् और रंग को तुलना से प्रभावित हो जाता है कि नीहारिकाएँ धूमिल अंतरिक्ष के कारण विशेष ललझें नहीं हो गयी हैं।

नीहारिकाओं की सपिल भुजाओं की समस्या अभी पूर्यतया हल नहीं हुई है। पहले बताया जा चुका है कि संभवतः वेग से धूमने के कारण कुछ द्रव्य छटक जाता है और वही भुजाओं का रूप धारण कर लेता है। परंतु कन्या-नीहारिकाओं में देखा गया है कि सपिल और असपिल नीहारिकाओं की नाभों में विशेष अंतर नहीं है। इसलिए ऐसी धारणा होनी है कि केंद्र से छटक कर द्रव्य बाहर संभवतः न निकला होगा; कदाचित् बाहरी भागों के द्रव्य के घनीभूत होने से भुजाएँ बनी होंगी।

एक कठिनाई और भी है। कुछ नीहारिकाओं में भुजाएँ कुछ असाधारण होती हैं। उदाहरणतः, एक नीहारिका में एक भुजा तो साधारण आकार की है, परंतु दूसरी भुजा मुड़कर अंगूठी की तरह बंद हो गई है। अभी तक कोई भी ऐसा सिद्धांत नहीं बन सका है जो इन सब बातों को समझा सके। यह अवश्य महा जा सकता है कि दूसरा कोई पिंड कभी आकार इस नीहारिका से भिड़ गया होगा जिससे भुजा टूट गई होगी, या जन्म से ही एक भुजा टूटी रही होगी, परंतु इन सब बातों से संतोष नहीं होता। संभव है भविष्य में हमारा ज्ञान इतना बढ़े कि हम इन सब बातों को संतोषजनक रीति से समझा सकें।

कन्या-नीहारिका-पुंज की सीमा ठीक नहीं है। नरारव (सेंटॉरस) तारामंडल की ओर तीस डिग्री तक कन्या-नीहारिकाओं की तरह की ही नीहारिकाएँ मिलती हैं। उत्तर की ओर भी कई नीहारिकाएँ कन्या-नीहारिकाओं की तरह चमकीली हैं। इसलिए कभी-कभी संदेह होता है कि वही ऐसा तो नहीं है कि नीहारिका का एक स्थायी बादल-सा झुंड है जिसमें नीहा-

ये हम से लगभग १०^{११} अर्थात्

१०,००,००,००,००,००,००,००,००,००० मील

पर हैं ! उनसे पृथ्वी तक प्रकाश के पहुँचने में डेढ़ करोड़ वर्ष से अधिक समय लगा है ।

नीहारिकाओं का घूमना—सर्पिल नीहारिकाओं का क्रोटोश्राक देखते ही ऐसा जान पड़ता है कि वे घूमती होंगी । जिन नीहारिकाओं के घरातल में पृथ्वी पड़ती है और जो इस कारण से हमें बहुत चिपटो या प्रायः एक रेखा-सी दिखायी पड़ती है उन के दोनों छोरों का वेग, दृष्टिरेखा में, वर्णपट से ज्ञात किया जा सकता है । वेग से तुरन्त पता चलता है कि नीहारिका अपने अक्ष पर घूम रही है । कई नीहारिकाओं के केंद्रीय भाग भुजाओं के घरातल में घूमते हुए पाये गये हैं । प्रकाश कम होने के कारण केवल कुछ ही नीहारिकाओं के घूमने की जाँच की जा सकी है । देवयानी और त्रिभुज तारामंडलों की नीहारिकाओं के घूमने का पक्का प्रमाण मिला है । देवयानी नीहारिका प्रायः इस प्रकार घूमती है जैसे वह ठोस हो, अर्थात् बाहर के भाग केंद्रीय भागों की अपेक्षा अधिक वेग से चलते हैं । इस नीहारिका का एक चक्रकाल लगभग ९ करोड़ वर्ष का है, त्रिभुज तारामंडल की नीहारिका का केंद्रीय भाग ठोस की तरह घूमता है, परंतु दूरस्थ भाग कम वेग से घूमते हैं ।

घूमने के वेग जानने से नीहारिकाओं के द्रव्यमान का भी अनुमान किया जा सकता है । गणना से पता चलता है कि देवयानी-नीहारिका का द्रव्यमान हमारे सूर्य के द्रव्यमान का ९५ अरब गुना होगा । विश्वास किया जाता है कि नीहारिकाओं के औसत द्रव्यमान से यह बहुत अधिक है । त्रिभुज तारामंडल वाली नीहारिका का द्रव्यमान २ अरब सूर्यों के बराबर है । संभवतः अन्य नीहारिकाओं का द्रव्यमान इसी तरह का होगा । अपनी मंदाकिनी-संस्था का द्रव्यमान अन्य रीतियों से आँका गया है और अनुमान किया गया है कि कुल द्रव्यमान लगभग २ सारव सूर्यों के बराबर होगा । परंतु द्रव्यमानों के अनुमान में कई बातें अनिश्चित रहती हैं । इसलिए द्रव्यमान बतायी गयी मात्रा के आधे से लेकर दुगुने तक हो सकता है । स्पष्ट है कि देवयानी-नीहारिका और हमारी मंदाकिनी-संस्था के द्रव्यमान मोटे हिसाब से लगभग बराबर हैं ।

सर्पिल नीहारिकाएँ किस दिशा में घूमती हैं ? इस प्रश्न के दो उलटे उत्तर दो ज्योतिषियों को मिले । एक का कहना था कि सर्पिल नीहारिकाएँ इस प्रकार घूमती हैं कि पूँछ की ओर पीछे-पीछे चलती हैं ; अर्थात्, यदि सर्पिलाकार भुजाओं की तुलना घड़ी की कमानों से की जाय तो नीहारिकाएँ इस प्रकार घूमती हैं कि कमानों कस उठेंगे । दूसरे ज्योतिषी ने एक नीहारिका को उलटी दिशा में घूमते हुए पाया । परंतु बहुत छान-बीन के बाद सिद्ध हुआ कि बात ऐसी नहीं है । सब सर्पिल नीहारिकाएँ इस प्रकार घूमती हैं कि उन की भुजाएँ उनसे सिमटती हुई जान पड़ेंगी । इस सबध में केवल ११ नीहारिकाओं का अध्ययन हो सका है । नीहारिकाओं के अत्यंत दूर होने के कारण और घूमने का चक्रकाल अत्यंत लम्बा होने के कारण इन सब नीहारिकाओं के बारे में ठीक-ठीक निर्णय नहीं हो सका है । परंतु जिन-जिन नीहारिकाओं में घूमने

कम ही खर्च होगा। इसलिए बहुत संभव है कि सूर्य में गरमी इसी प्रकार उत्पन्न होती हो। या यों कहिय कि सूर्य पर प्रति सेकंड कई करोड़ ऐटम बम बनते और छूटते रहते हैं।

परंतु एक कठिनाई के हल होते ही दूसरी यह उपस्थित होती है कि सूर्य अथवा अन्य तारों में द्रव्य का शक्ति में परिवर्तन होता ही क्यों है; वही परिवर्तन पृथ्वी पर क्यों नहीं होता रहता? इसकी भी खोज की गयी है। वैज्ञानिकों का विचार है कि यह सूर्य के भीषण तापक्रम के कारण होता है। स्ट्रोमग्रेन (Stromgren) ने गणना से पता लगाया है कि सूर्य के केंद्र का तापक्रम लगभग २ करोड़ डिग्री सेंटीग्रेड होगा। सूर्य का केंद्र गैसीय होगा, परंतु वहाँ धनत्व पारे का आठगुना होगा। वहाँ पर निपीड (प्रेसर) हमारे वायुमंडल के निपीड का १० अरब गुना होगा। ऐसी अकल्पनीय परिस्थिति में सभी ऐटम (अणु) टूटने लगते हैं। सभी ऐटमों के भीतर प्रोटन और नाभियाँ (न्यूक्लिआई) रहती हैं और उनके नवीन संगठन से नवीन ऐटम बनते हैं। कौन-सा तत्व किस तत्व में परिवर्तित होगा, यह इस पर निर्भर है कि तापक्रम, निपीड आदि क्या है।

सापेक्षवाद और प्रोटन अदि का सिद्धांत अभी बहुत नया है। प्रति दिन नवीन बातों का पता चलता रहता है और संभव है किसी दिन ऐसी बातों का पता चले कि इन सब सिद्धांतों को बदलना पड़े; परंतु इस समय तारों की चमक का रहस्य यों समझाया जा सकता है कि प्रारंभ में तारे अति विस्तृत और अति क्षीण गैस के विस्तारकाय गोले होते हैं। गुहत्वाकर्षण के कारण वे सिमटने लगते हैं, और, जैसा हेल्महोल्ट्स का सिद्धांत बताता है, उनमें गरमी उत्पन्न होने लगती है। जब तापक्रम लगभग ४ लाख डिग्री सेंटीग्रेड हो जाता है तो भारी हाइड्रोजन (हवी हाइड्रोजन) और प्रोटनों में प्रतिक्रिया होने लगती है। जब तक भारी हाइड्रोजन रहता है तब तक यह क्रिया जारी रहती है और तारे का संकुचन रुका रहता है। सब भारी हाइड्रोजन के समाप्त हो जाने पर तारा गुहत्वाकर्षण के कारण फिर संकुचित होने लगता है। जब तापक्रम २० लाख डिग्री हो जाता है तब लिथियम के ऐटम टूटते हैं, फिर बेरिलियम और बोरन के। इन सब के बुरक जाने पर तारा फिर संकुचित होने लगता है और तापक्रम बढ़ने लगता है। जब तापक्रम २ करोड़ डिग्री हो जाता है तो कार्बन के ऐटमों की पारी आती है। इसी प्रकार कभी संकुचन से, कभी ऐटमों के टूटने से, तापक्रम स्थिर रहता है या कुछ बढ़ता जाता है।

जब सब ऐसे पदार्थ समाप्त हो जाते हैं जिनके ऐटमों के टूटने से ताप उत्पन्न हो सकता है और संकुचित होते-होते तारा ऐसा सघन हो जाता है कि अब और संकुचन नहीं हो सकता, तो क्या होता है? सिद्धांत बताता है कि तब तारे ठंडे होने लगते हैं। वामन तारे वे हैं जो महत्तम तापक्रम और धनत्व प्रायः प्राप्त कर चुके हैं। वे अब धीरे-धीरे ठंडे हो जायेंगे और अन्त में अदृश्य हो जायेंगे। लगभग ४० ऐसे वामन तारे हमें ज्ञात हैं जो बहुत ही अधिक धनत्व के हैं। कुछ का धनत्व तो पानी से १ लाख गुना अधिक है। इनमें सबवतः सब ऐटम टूट-फूट गये हैं और एलेक्ट्रॉन और नाभियाँ बहुत कम स्थान में ठसाठस भर गयी हैं।

अर्थात् नीहारिकाएँ हम से दूर जा रही हैं—अनुभव को बात है कि जब कोई वाइसिकल पर तेजी से हमारी ओर आता है और हमारी वगल से होता हुआ निकल जाता है तो घंटी के स्वर में अंतर पड़ जाता है। कारण यह है कि जब घंटी हमारी ओर आती रहती है तब हमारे पास उससे प्रति सेकंड ध्वनि की अधिक लहरें पहुँचती हैं। जब घंटी हम से दूर जाती रहती है तब प्रति सेकंड हमारे पास कम लहरें पहुँचती हैं। लहरों की संख्या पर ही ध्वनि का सुर निर्भर है। इसी लिए जब घंटी हमारी ओर आती रहती है तब उसका स्वर कोमल जान पड़ता है; जब घंटी दूर जाती रहती है तब उसका स्वर कोमल जान पड़ता है। वस्तुतः स्वर में कितना अंतर पड़ा इसे नाप कर हम घंटी का वेग जान सकते हैं। स्वर के अंतर और ध्वनि उत्पादक के वेग का संबंध बताने वाला नियम ही डॉपलर सिद्धांत (Doppler's principle) कहलाता है।

जो बात ध्वनि के लिए सत्य है वही प्रकाश के लिए भी सत्य है; प्रकाश-उत्पादक के वेग के कारण प्रकाश का रंग बदल जाता है। पहले बताया जा चुका है कि तारों के वर्णपटों में काली रेखाएँ भी होती हैं। प्रकाश के वेग के अनुसार ये रेखाएँ अपने स्थान से हट जाती हैं। यदि ये रेखाएँ लाल की ओर हटें तो समझना चाहिए कि प्रकाश का उद्गम स्थान हमसे दूर जा रहा है; यदि ये रेखाएँ उलटी दिशा में विचलित हों तो यह परिणाम निकलता है कि उद्गम-स्थान हमारी ओर आ रहा है। उद्गम-स्थान का वेग जितना ही अधिक होगा, काली रेखाएँ अपने स्थान से उतनी ही दूर अधिक हटेंगी। इसलिए विचलन को नापने से उद्गम स्थान का वेग दृष्टिरेखा में जाना जा सकता है।

नीहारिकाओं में चमकीले तारे भी हैं जिन का वर्णपट खींचा जा सकता है और उनमें काली रेखाओं के विचलन का अध्ययन किया जा सकता है। देखा गया है कि सब नीहारिकाएँ हम से दूर भाग रही हैं, और नीहारिका जितनी ही दूर है वह उतना ही अधिक वेग से हम से दूर भागती है। २० लाख प्रकाशवर्ष पर स्थित नीहारिकाएँ २०० मील प्रति सेकंड के वेग से दूर हो रही हैं; १ करोड़ प्रकाशवर्ष पर स्थित नीहारिकाएँ १००० मील प्रति सेकंड के वेग से दूर हो रही हैं। जब तक सौ, दो सौ, मील प्रति सेकंड के वेग से अधिक वेग का पता नहीं लगा पा तब तक तो कोई संदेह नहीं हुआ, परंतु जब बड़े-से बड़े दूरदर्शकों से अत्यंत दूरस्थ नीहारिकाओं के तारों के वर्णपटों का फोटोग्राफ लिया गया और २० हजार मील प्रति सेकंड के वेग से मागती हुई नीहारिकाएँ मिली तब संदेह होने लगा कि कहीं कोई भूल तो नहीं हो रही है। अभी तक निरिचन रूप से नहीं कहा जा सकता कि असली बात क्या है, परंतु अधिकांश ज्योतिषी समझते हैं कि वर्णपट की काली रेखाएँ उद्गम स्थान के वेग के अतिरिक्त संभवतः अन्य कारणों से भी विचलित हो सकती हैं। जिस प्रकाश को उद्गम-स्थान से चल कर हमारे पास आने में कई करोड़

नीहारिकाएँ

वर्ष लगे हैं उसमें कुछ अज्ञात गड़बड़ी हो जाने में अचरन ही क्या है। फिर, इतनी मंद नीहारिकाओं के लिए अधिक चमकनाली दूरदर्शकों की आवश्यकता है। भविष्य ही बता सकेगा कि सच्चा कारण क्या है, परंतु यदि नीहारिकाएँ इस प्रकार भाग रही हैं कि जो जितनी ही दूर है वह उतनी ही अधिक बेगवती है तो अवश्य नीहारिकाओं की दुनिया फैल रही है; हमारा विश्व प्रसरणाशील है। आइनस्टाइन के सापेक्षावाद से यह भी परिणाम निकलता है कि दूरस्थ नीहारिकाओं को हम से दूर भागना चाहिए। इसलिए यह मानने में कि विश्व प्रसरण-शील है कुछ सहायता ही मिलती है। परंतु सापेक्षावाद से यह भी परिणाम निवाला जा सकता है कि विश्व बारी-बारी से सिकुड़ेगा और फैलेगा। अतः बात यह है कि हम अभी कई बातें ठीक-ठीक नहीं जानते और बल्बना से कुछ बातें ठीक मान कर उन पर सापेक्षावाद का प्रयोग करते हैं। इसीलिए परिणाम भी विश्वसनीय नहीं निकलता।

हारबार्ड वैधशाला के हारलो शैपली (Harlow Shapley) का विश्वास है कि विश्व वस्तुतः फैल रहा है। विश्व का व्यास सवा अरब वर्ष में दुगुना हो जायगा। यह तो भविष्य की बात है। यदि भूतकाल में भी नीहारिकाओं का यही बेग रहा होगा तो आज से लगभग दो अरब वर्ष पहले सब नीहारिकाएँ पास-पास रही होंगी। यदि हमारा यह सिद्धांत ठीक है तो हम मान सकते हैं कि विश्व की उत्पत्ति उसी समय हुई होगी। उस समय तारे एक दूसरे से निड भी जाया करते रहे होंगे। उन्हीं के टूटे-कूटे खंडों से संभवतः पृथ्वी तथा अन्य ग्रह बने होंगे। इस प्रकार हमें विश्व की उत्पत्ति के लिए एक सिद्धांत और विश्व की आयु जानने के लिये एक मार्ग मिल जाता है।

पृथ्वी पर के पत्थरों के अध्ययन से भूगर्भ वैज्ञानिक बताते हैं कि हमारे पुराने-से-पुराने पत्थर अरब वर्ष पुराने होंगे। इस प्रकार भूगर्भ विज्ञान से भी विश्व की आयु के लगभग दो अरब वर्ष होने के सिद्धांत का समर्थन होता है। फिर, तारापुंजों से भी हमारी मंदाकिनि-संस्था की आयु लगभग इतनी ही निकलती है।

परंतु सब कुछ होते हुए भी यह विश्वास करने की जी नहीं चाहता कि विश्व की आयु वही है जो पृथ्वी के पत्थरों की है। इन सिद्धांतों की नींव ऐसी पक्की नहीं पड़ी है कि उनके सब परिणामों को हम निश्चित हो कर मान लें, और फिर यह प्रश्न तो बिना उत्तर के रह ही जाता है कि अब सब नीहारिकाएँ साथ थी तो क्या हुआ कि वे दूर भागन लगी। कोई मोपप विस्फोट हुआ होगा; परंतु ऐसा विस्फोट क्यों हुआ? इसके विपरीत, एडिंगटन तथा अनेक वैज्ञानिकों का विचार है कि आरंभ में सर्वत्र प्रायः एकल से द्रव्य फैला रहा होगा और विश्व की उत्पत्ति उसी से हुई होगी।

विश्व की उत्पत्ति—मुश्किलवाक्य का पता न्यूटन (Newton) ने लगाया। न्यूटन बहुत दिनों से इस प्रश्न पर विचार कर रहा था कि चंद्रमा, पृथ्वी, तथा अन्य ग्रह क्यों वृत्ताकार पथों में चलते हैं; सरल रेखा में वे क्यों नहीं चलने। कहा जाता है कि एक दिन सेब के पेड़ से सेब की टपकते देखकर उसे यह बात सूझी कि जैसे पृथ्वी सेब को अपनी ओर खींचती

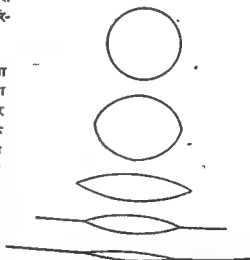
हैं उसी प्रकार विद्वत् के सभी पिंड अन्य पिंडों को अपनी ओर खींचते हैं। पीछे, गणिता द्वारा उसने सिद्ध किया कि यही सिद्धांत, जिसे गुरुत्वाकर्षण कहते हैं, चंद्रमा को वृत्ताकार मार्ग में चलाकर पृथ्वी की प्रदक्षिणा करने के लिए बाध्य करता है। यही शक्ति पृथ्वी को सूर्य के चारों ओर घूमने के लिए बाध्य करती है। न्यूटन का विचार था कि आरंभ में द्रव्य अनंत दूरी तक सम रूप से बिखरा हुआ था और गुरुत्वाकर्षण के कारण स्थान-स्थान पर संचित गया और इस प्रकार विविध पिंड (ग्रह और तारे) बन गये। न्यूटन ने यह विचार स्पष्ट रूप से सन् १६९२ में एक पत्र में प्रकट किया था। लगभग ६० वर्ष पीछे दार्शनिक कैंट (Kant) ने भी यही सिद्धांत प्रस्तुत किया। उसका विचार था कि जिस प्रकार निशाने पर गोले के आघात से गोले गरम हो जाती हैं उसी प्रकार केंद्रीय पिंडों पर नवीन द्रव्य के आ गिरने से द्रव्य इतना गरम हो जाता है कि उसमें चमक उत्पन्न हो जाती है। तारे इसी प्रकार उत्पन्न हुए होंगे। कैंट की यह भी धारणा थी कि कणों के आघात से पिंड घूमने लगे। परंतु आधुनिक विज्ञान के मत से यह बात असंभव है। आघात से ताप अवश्य उत्पन्न होता है, घूमना नहीं। यदि आरंभ में पिंड घूमता रहा हो तो संकुचित होने पर वह अधिक वेग से घूमने लगेगा, परंतु यदि आरंभ में वह न घूमता रहा हो तो केवल संकुचित होने से उसमें घूमने की योग्यता नहीं आ जायगी। कैंट के सिद्धांत से मिलता-जुलता, परंतु गणित के दृष्टिकोण से उससे बड़ी अच्छा, एक नवीन सिद्धांत महान् गणितज्ञ लाप्लास (Laplace) ने उपस्थित किया। इसे नीहारिका-सिद्धांत (नेब्युलर हाइपोथिसिस) कहते हैं। यह लगभग १०० वर्षों तक निर्दोष माना गया।

लाप्लास का नीहारिका सिद्धांत—लाप्लास ने कैंट के सिद्धांत से लाभ उठाया हो, ऐसा नहीं जान पड़ता। समझते हैं उसने स्वतंत्र रूप से अपना सिद्धांत बनाया। यह सिद्धांत १७९६ में प्रकाशित हुआ। लाप्लास का मत था कि आरंभ में कोई बड़ी-सी नीहारिका थी, जो अपनी घुरी पर नाच रही थी। उसका विचार था कि यह नीहारिका अत्यंत तप्त थी और विकिरण के कारण जैसे-जैसे यह ठंडी हुई जैसे-जैसे यह छोटी होती गयी। छोटी होने के कारण यह अधिक वेग से नाचने लगी, क्योंकि गति-सिद्धांत बताता है कि कोणीय आवेग (ऐंगुलर मोमेंटम) का नाश नहीं हो सकता। लाप्लास ने सोचा कि इस प्रकार नीहारिका क्रमानुसार अधिकाधिक वेग से नाचने लगी। गणित बताता है कि तरल या गैसीय गोल पिंड नाचते रहने पर गोल नहीं रह सकता। वह चपटा हो जायगा। उसकी आकृति नारंगी के समान हो जायगी जिसे गणित में गोलाभ (स्फेरोइड) कहते हैं। पृथ्वी की आकृति भी गोलाभ है और कारण यही जान पड़ता है कि जब पृथ्वी अधिक तप्त और समस्त तरल या नरम थी उस समय नाचते रहने के कारण पृथ्वी का ऐसा रूप हो गया होगा। सभी अन्य ग्रहों का रूप भी गोलाभ है। यदि पृथ्वी आज अपने अक्ष पर नाचना बन्द कर दे तो समुद्र का जल पूर्णतया गोठ रूप धारण कर लेगा। इस समय उसका रूप गोलाभ है। भूमध्य रेखा पर पृथ्वी के केंद्र से पानी की सतह अधिक दूर है और ध्रुवों के पास कम दूर। ऐसा इसी कारण है कि भूमध्य रेखा के पास जल अधिक बल से छिटक जाना चाहता है क्योंकि वह अक्ष से अधिक दूरी पर है। यदि पृथ्वी पर्याप्त अधिक वेग से नाचने लगे तो वह पानी बन्दन छटक कर दूर चला जायगा। नाचते हुए पिंड में अक्ष से द्रव्य के दूर भाग के

भागने की प्रवृत्ति को समझने के लिए देखें कि बारसानों में चीनी के रवों से जल दूर करने के लिए छिद्रमय बरतन में गोली चीनी को रत कर उसे जोर से नचाया जाता है, और मक्खन तथा दूध को अलग करने के लिए भी ऐसी ही मशीनों का प्रयोग किया जाता है जिसमें दूध वेग से नाचने लगता है।

लाप्लास की धारणा थी कि जब नीहारिका वेग से नाचने लगी तो इसमें से पदार्थ छटका और वही केंद्रीभूत होकर ग्रहों में परिवर्तित हो गया। यही कारण है कि सभी ग्रह सूर्यमध्य रेखा के घरातल में हैं। लाप्लास का विचार था कि जैसे सूर्य से ग्रह बने उसी प्रकार ग्रहों से उपग्रह बने। बहुत दिनों तक यह सिद्धांत ठीक माना जाता था, परंतु अब वैध तथा गणना से कई बातों का पता चला है जो इस सिद्धांत के प्रतिकूल पड़ती हैं। लाप्लास का सिद्धांत गणित के दृष्टिकोण से ठीक है, परंतु सूर्य और ग्रहों पर ठीक नहीं बैठता। इसलिए स्वीकार करना पड़ता है कि कम-से-कम सौर-जगत् की (अर्थात् सूर्य तथा ग्रहों की) उत्पत्ति लाप्लास सिद्धांत के अनुसार नहीं हुई है। परंतु इस सिद्धांत के अनुसार ब्रह्मांडों की उत्पत्ति, अर्थात् हमारी मदाकिनी-संस्था तथा अगाध नीहारिकाओं की उत्पत्ति, अधिक संभव है।

ऊपर इस पर विचार किया गया है कि नाचते रहने पर सरल या गैसीय पिंड गोलाभ रूप धारण कर लेता है। आधुनिक गणित बताता है कि यदि अधिकतर द्रव्य केंद्र के पास हो तो नाचने का वेग बढ़ने पर पिंड की आकृति गोलाभ न रह जायगी। इसका मध्य भाग अधिक दूर तक विस्तृत हो जायगा और पिंड बहुत चिपटा हो जायगा। वस्तुतः पिंड की आकृति फूली हुई रोटी के समान हो जायगी। मध्यरेखा नुकीली रहेगी; गोलाभ के मध्य भाग के समान वह अतीक्ष्ण नहीं रहेगी। गणित बताता है कि घूमने के वेग में अधिक वृद्धि होने पर मध्यरेखा से द्रव्य छिटकने लगेगा। पिंड अब इतने वेग से नाच रहा है कि छटक जाने की प्रवृत्ति वहाँ की आकर्षण शक्ति से अधिक है। इसलिए द्रव्य छटकता जाता है। अब पिंड के नाचने का वेग चाहे कितना भी बढ़े, पिंड की आकृति नहीं बदलती; केवल अधिकाधिक द्रव्य धटता जाता है। इन्हीं



अपने अक्ष पर नाचते हुए पिंड का रूप।

वेग घटने पर पिंड गोलाकार रहता है। जैसे-जैसे वेग बढ़ता है पिंड चिपटा होता है और अंत में सब से द्रव्य धटकने लगता है।

अपने अक्ष पर नाचते हुए पिंड का रूप।

परिणामों के आधार पर सर जेम्स जोन्स (Jeans) ने अपना सिद्धांत बनाया, जिसका विवरण नीचे दिया जाता है।

जोन्स का सिद्धांत—जोन्स ने न्यूटन की तरह यह माना कि आरंभ में द्रव्य बहुत दूर तक, प्रायः अनंत दूर तक, सम रूप से, फैला हुआ था। जोन्स ने गणित द्वारा यह सोच की कि इस प्रकार बिखरे द्रव्य से यदि पिंड बनेंगे तो कितने बड़े-बड़े और कितनी दूर-दूर पर। जोन्स ने पहले इसकी गणना की कि यदि ऐसे माध्यम में लहरें उठें तो उनकी लहर-लंबाई क्या होगी; लहरें कितनी बड़ी रहेंगी तो द्रव्य वही मिमट जायगा, कहीं फट जायगा; द्रव्य का घनत्व क्या रहा होगा; तापक्रम क्या रहा होगा; इत्यादि। हबल (Hubble) की गणनाओं से यह ज्ञात है कि यदि अंतरिक्ष के सब तारों और नौहारिकाओं का द्रव्य पीस कर हम प्रकार बिखेर दिया जाय कि सब जगह घनत्व बराबर हो जाय तो प्रति घन इंच १ ग्राम (लगभग १ मागा) का 10^{11} वाँ भाग द्रव्य होगा। 10^{11} का अर्थ है कि १ की दाहिनी ओर ३२ शून्य लिखे जायें। दूसरे शब्दों में 10^{11} घन गज में लगभग एक अणु द्रव्य होगा! ऐसे द्रव्य पर गणित लगाने से यह परिणाम निकलता है कि जब द्रव्य घनोभूत होगा तो तारों से कहीं भारी (करोड़, दस करोड़ गुना भारी) पिंड बनेंगे। इसलिए अनुमान किया जाता है कि आरंभ में तारे न बने होंगे, नौहारिकाएँ बनी होंगी।

नौहारिकाओं के विकास पर पहले विचार किया जा चुका है; इसलिए वे बानें वहाँ दुहराई न जायेंगी। नौहारिकाओं के फोटोशाफ़ों में गोल और प्रायः गोल से लेकर चिरदी गोलाभ तथा धारदार मध्यरेखा वाली नौहारिकाएँ सभी मिलती हैं। केंद्रीय गोल या गोलाभ भाग को घेरे हुए जो पदार्थ रहता है उसकी मोटाई बहुत कम प्रतीत होती है। इन सब बानों से विरवाश बृहद् होता है कि जोन्स की कल्पना के अनुसार ही नौहारिकाओं का जन्म हुआ है। जोन्स का कहना है कि जैसे हमारे वायुमंडल में पवन बहा करता है, उसी प्रकार हमारे मवर्त बिसरे प्रारंभिक द्रव्य में भी कहीं धीरे, कहीं प्रचंड बंग से पवन बहता रहा होगा; उनमें आँधी आती रही होगी, बवंडर उठने रहे होंगे। इसी से पृथक्-पृथक् नौहारिकाओं में चक्कर चिपी में कम चिपी में अधिक उत्पन्न हो गया होगा।

तारों की उत्पत्ति—जोन्स ने अनुमान किया है कि बंग बढ़ने पर नौहारिकाओं से जो द्रव्य छुटका होगा उसका घनत्व प्राथमिक द्रव्य के घनत्व से 10^8 अरब गुना अधिक रहा होगा, और इसलिए लहरों के तरंग-दैर्घ्य पहले की बनेला छोटे रहे होंगे। गणना से पता चलता है कि ऐसे पदार्थ से जो पिंड बने होंगे उनका द्रव्यमान तारों के द्रव्यमान के बराबर रहा होगा। इसलिए अब ज्योतिषियों की धारणा है कि तारे गरिष्ठ नौहारिकाओं की भूजाओं में उत्पन्न होते हैं। बाल्मिकि नौहारिकाओं की भूजाओं में तारों का पाया जाना हमें बान का समर्थन करता है।

तारापुंगवों की उत्पत्ति—तारों के जन्म तक तो साफ़ास और जोन्स के सिद्धांतों में विरोध माना नहीं है। जोन्स ने गणित से अधिक मर्यादा नहीं है। साफ़ास ने कई बानों को देखकर कल्पना

पर ही आश्रित छोड़ दिया था। परंतु सूर्य से ग्रहों की उत्पत्ति कैसे हुई इस पर जीन्स का मत सर्वथा विभिन्न है।

जीन्स का कहना है कि जन्म के बाद तारा संकुचित होता चला जाता है और जब तक उस का केंद्र तरलों के समान घना नहीं हो जाता, तब तक छोटे हो जाने के अतिरिक्त उसमें कोई विशेष परिवर्तन नहीं होता। यदि कुछ पदार्थ छटकता भी है तो वह धनीभूत नहीं हो पाता, ठीक वैसे ही जैसे रबड़ के गुब्बारे से निकलने पर गैस धनीभूत नहीं होती। धनीभूत होने के लिये बहुत द्रव्य चाहिए। तभी आकर्षण-शक्ति इतनी हो पाती है कि उस गैस की प्रसरणशीलता को दबा सके। जब तारे का घनत्व तरलों के समान हो जाता है तब उसमें वे सब विचार उत्पन्न होते हैं जो तरलों में हो सकते हैं। जीन्स के गणित के अनुसार यदि तरल का गोल पिंड धीरे-धीरे नाचने लगे तो पिंड की आकृति गोलाभ हो जायगी, अर्थात् पिंड नारंगी की तरह कुछ चिपटा हो जायगा। नाचने का वेग जितना ही बढ़ेगा चिपटापन उतना ही बढ़ेगा; परंतु जब छोटा अक्ष मध्यरेखा के व्यास का सप्त-द्वादशांश हो जायगा (अर्थात् उसका $7/12$ हो जायगा) तो पिंड उसके बाद अधिक चिपटा नहीं होगा। इसके बदले पिंड अंडाकार होने लगेगा। इसकी आकृति बहु हो जायगी जिसे गणित में तीन असम अक्षों वाला दीर्घवृत्ताभ (एलिप्सायड) कहते हैं। वेग और बढ़ने पर पिंड की लंबाई बढ़ती जायगी, यहाँ तक कि छंदा अक्ष सब से छोटे अक्ष का तिगुना हो जायगा। इस अवस्था में पिंड में हलचल मचने लगती है। बीच से थोड़ा हट कर पिंड में कमर-सौं बन जाती है, जिससे पिंड तुबा-सा लगने लगता है। कभी एक सिरा धड़ता है, कभी दूसरा, और इन सब आन्दोलनों का परिणाम यह होता है कि पिंड दो खंडों में टूट जाता है। विधास किया जाता है कि युग्मतारे इसी प्रकार उत्पन्न हुए हैं। जीन्स ने गणित से सिद्ध किया है कि गैसीय पिंड इस रीति से दो खंडों में नहीं विभक्त हो सकता, केवल तरल पिंड में ही ऐसा विभास हो सकता है।

जी० एच० डार्विन (Darwin) ने सिद्ध किया है कि विभक्त होने के बाद प्रत्येक पिंड में दूसरे के कारण ज्वार-भाटाएँ उत्पन्न होगी, जिनके कारण ऊर्जा (एनर्जी) का ह्रास होगा और पिंडों के बीच की दूरी बढ़ेगी। विकिरण के कारण सापेक्षवाद के अनुसार पिंडों का द्रव्यमान भी घटता है और जीन्स ने सिद्ध किया है कि इस कारण से भी पिंड अधिक दूर होते जायेंगे। फिर, जब-जब कोई दूसरा तारा किसी युग्मतारे के पास से होकर निकल जाता है, तब-तब युग्मतारे के सदस्यों की परस्पर दूरी कुछ बढ़ जाती है। इस प्रकार धीरे-धीरे उनके बीच में उतनी दूरी उत्पन्न हो जाती है जितनी बहुधा देखने में आती है।

ग्रहों की उत्पत्ति—नीहारिकाओं और तारों की उत्पत्ति पर तो हम विचार कर चुके; अब देखना चाहिए कि ग्रह कैसे उत्पन्न हुए होंगे। ग्रहों की उत्पत्ति न तो प्राथमिक नीहारिका से हुई होगी, न सूर्य के दो भागों में खंडित होने से। नीहारिका से ग्रहों की उत्पत्ति हुई होती तो ग्रह बहुत बड़े होते; वस्तुतः वे तारे होते। यदि वे सूर्य के खंडित होने से उत्पन्न हुए होते तो

ये सूर्य से बहुत छोटे न होते। सुम्मतारों में बड़ा तारा छोटे के चौगुना तक ही देखने में आया है, परन्तु सूर्य तो बृहस्पति से १००० गुना अधिक भारी है, बुध से ८० लाख गुना भारी है। इस लिए ग्रहों की उत्पत्ति किसी दूसरी रीति से हुई होगी। इसके समर्थन में यह भी याद रखने योग्य है कि हमारा सूर्य अपनी घुरी पर बहुत कम वेग से नाचना है। ग्रहों में भी आवेग (मोमेंटम) कम है। इसलिए कोई संशय नहीं दिमाई पड़ता कि ग्रह पूर्वोक्त रीति से सूर्य के खंडित होने पर बने हैं। जीन्स का विद्वान है कि किसी समय कोई अन्य तारा हमारे सूर्य के पास से होता हुआ निकल गया। उसी के आकर्षण से कुछ द्रव्य, जैसा नीचे विस्तार से समझाया जायगा, सूर्य से नुच गया। इसी द्रव्य से ग्रह बने।

ज्वार-भाटा सिद्धांत—सूर्य कई अरब वर्षों से अंतरिक्ष में चल रहा है। अन्य तारे भी चलने ही रहते हैं। इसलिए अमंभव नहीं जान पड़ता कि अत्यंत प्राचीन काल में कभी कोई दूसरा तारा सूर्य के पास होता हुआ निकल गया हो। जिस प्रकार पृथ्वी के निकट होने के कारण चंद्रमा पृथ्वी पर ज्वार-भाटा उत्पन्न करता है, उसी प्रकार इस बाहरी तारे ने सूर्य पर ज्वार-भाटा उत्पन्न किया होगा। उस समय हमारे सूर्य के पास पृथ्वी आदि ग्रह न रहे होंगे। यदि तारा सूर्य की श्रिग्या (अर्थव्यास) की तिगुनी से अधिक दूरी पर से हो कर निकलना, तो ज्वार-भाटा से उठा पदार्थ फिर बँट जाता; परन्तु वह सूर्य के अधिक निकट से होकर गया होगा। गणित बताता है कि ऐसी अवस्था में ज्वार-भाटा के कारण उठा पदार्थ छटक कर पृथक् हो गया होगा। जीन्स का कहना है कि इसी प्रकार छटके पदार्थ से ग्रह उत्पन्न हुए हैं। इसका समर्थन इस बात से होता है कि गणि के अनुसार छटका पदार्थ जब तिमटेंग तब लगभग उतने ही बड़े रिड बनेंगे जितने बड़े ग्रह वस्तुतः हैं। उपग्रहों की उत्पत्ति भी इसी प्रकार हुई होगी, क्योंकि ग्रहों के बनने ही उन में सूर्य के कारण ज्वार-भाटा उठा होगा और कुछ पदार्थ छटका होगा। परन्तु उपग्रहों के भी उपग्रह इसलिए न बन पाये होंगे कि उपग्रहों में द्रव्य कम है; वे दीर्घ टंडे हो गये होते।

बैरल इतना ही नहीं हुआ कि ग्रह और उपग्रह बने। अवश्य ही कुछ द्रव्य ज्वार के रूप में बिगड़ा रह गया। वह सब द्रव्य धीरे-धीरे किसी न किसी ग्रह में जा गिरा। इसका परिणाम गणिज्ञानुसार यह होता है कि दीर्घवृत्त में चटने वाले ग्रह प्रायः वृत्ताकार मार्गों में चलने लगते हैं। वर्तमान ग्रह सभी लगभग वृत्तों में ही चरने हैं। पदार्थ आ गिरने के कारण ग्रहों के मार्ग कुछ अधिक बड़े भी हो गये होंगे। गवज या कर प्रायः सभी पदार्थ ग्रह में या सूर्य में जा गिरा होगा और अंतरिक्ष खाल हो गया होगा। सूर्य के पास अब भी कुछ धूलिका हैं, जो सूर्य के प्रकाश ने दीप्तिमान होने के कारण रात्रिचक्र-प्रकाश (जोडाइरेजल लाइट) के रूप में हमें दिखाई पड़ती हैं। सम्भव है यह उसी पदार्थ का अवशेष हो जिनसे ग्रह बने हैं।

इस पर भी विचार किया गया है कि हमारे और जड़न् की आयु क्या होगी। जेफ्रीज (Jeffreys) ने हिसाब लगाया है कि मोटे हिसाब में यहाँ की वर्तमान परिस्थिति में आने में ७ अरब वर्ष लगा होगा। हम पढ़ते देग चुके हैं कि पृथ्वी की आयु भूगर्भ-विज्ञान के आधार पर लगभग २ अरब वर्ष है। इसलिए दोनों एक दूसरे का समर्थन करने हैं। परन्तु अन्य कई बातें

हैं जिन्हें यह ज्वारभाटा-सिद्धांत ठीक-ठीक नहीं समझा पाता। इसलिये कोई निर्दिष्ट होकर नहीं कह सकता कि ज्वारभाटा-सिद्धांत ठीक ही है; तो भी वर्तमान अवस्था में यही सिद्धांत सबसे अधिक उपयुक्त प्रतीत होता है।

जीन्स का विश्वास है कि जैसे अन्य उपग्रहों का जन्म उनके ग्रहों के जन्म के प्रायः साथ ही हुआ उसी प्रकार चन्द्रमा का भी जन्म पृथ्वी के जन्म के प्रायः साथ ही हुआ होगा। परंतु जीन्स के पहले जी० एच० डारविन ने यह सिद्धांत उपस्थित किया था कि आरंभ में, जब पृथ्वी तरल थी, सूर्य के कारण पृथ्वी पर ज्वार-भाटा उत्पन्न होता रहा होगा। ऐसे ज्वार-भाटा का चक्रकाल सूर्य से पृथ्वी की दूरी पर निर्भर है। ऊपर हम देख चुके हैं कि आरंभ में पृथ्वी तथा सब अन्य ग्रहों की दूरी सूर्य से बढ़ती जा रही थी। इसलिए संभव है कि किसी क्षण में पृथ्वी के ज्वार-भाटा का चक्रकाल ठीक उस काल के बराबर हो गया हो जितने में उस समय पृथ्वी सूर्य के चारों ओर एक बार प्रवर्तिता करती थी। उस समय अनुनाद (रेजोनेंस) के सिद्धांतानुसार ज्वार-भाटा की ऊँचाई इतनी बढ़ गई होगी कि काफी पदार्थ छटक कर अलग हो गया होगा। यही पदार्थ पीछे सिमट कर चन्द्रमा हो गया होगा। जेफ्रीज ने इस प्रश्न की जाँच सविस्तार की है और यह परिणाम निकाला है कि ऐसा होना बहुत संभव है। अधिक वेग से नाचने के कारण यदि आदि काल में ही पृथ्वी खड़ित होती तो चन्द्रमा का द्रव्यमान पृथ्वी के द्रव्यमान से बहुत कम न होता। परंतु चन्द्रमा का द्रव्यमान पृथ्वी के अस्तीवें भाग ($1/40$) से कुछ कम है। इसलिए पृथ्वी के अधिक वेग से नाचने के कारण चन्द्रमा न उत्पन्न हुआ होगा। यद्यपि डारविन और जेफ्रीज का सिद्धांत गणित के अनुसार ठीक है तो भी अधिक संभव है कि ग्रहों की उत्पत्ति के समय ही बाहरी तारे, सूर्य और छटके पदार्थ की नोक-खसोट में पृथ्वी से चन्द्रमा के बराबर माल अलग हो गया हो और उसी समय चन्द्रमा का जन्म हुआ हो।

अन्य सौर-जगतों की संभावना—इसकी भी गणना की गई है कि हमारे सूर्य और किसी तारे, या किन्हीं भी दो तारों, के इतने पास आ जाने की क्या संभावना है कि प्रहादि उत्पन्न हो सकें। कितने स्थान में कितने तारे हैं और वे किस वेग से चलते हैं यह ज्ञात ही है। इसलिये दो तारों की मूठभेड़ की संभावना गणना द्वारा ज्ञात की जा सकती है। यद्यपि सूर्य तथा तारों के उत्पन्न हुए कई अरब वर्ष हो गये हैं तो भी तारे एक-दूसरे से इतनी दूर-दूर पर हैं कि मूठभेड़ की संभावना बहुत कम है और इसलिए बहुत कम तारों के पास ग्रह होंगे। पहले लोगों की धारणा थी कि प्रत्येक तारे के आस-पास ग्रह होंगे, परंतु पूर्वोक्त गणना के अनुसार जान पड़ता है कि प्रति दस लाख तारों में केवल एक के पास ग्रह और उपग्रह होंगे।

अविष्य—यदि सौर-जगत् की उत्पत्ति हमारे सूर्य और किसी तारे के मूठभेड़ से हुई तो क्या यह संभव नहीं है कि अविष्य में सौर-जगत् का अंत भी किसी ऐसी ही मूठभेड़ से हो? ऐसा होना यद्यपि असंभव नहीं है, तो भी इस की संभावना बहुत कम है। वस्तुतः कुल संभावना इतनी ही है कि औसतन 2×10^{10} , अर्थात् २,००,००,००,००,००,००,००० वर्षों में एक

मूठमेंड़ होगी । इसके लिए क्या हाय-हाय बिया जाय ? इससे बही अधिक संभव है कि हमारा सूर्य धीरे-धीरे अधिक तप्त हो जायगा और इसलिए पृथ्वी पर जीवन का अंत हो जायगा ।

तारा-सूत्रों के भविष्य में क्या है ? क्या वे सदा पुंज के रूप में ही बने रहेंगे ? इस प्रश्न का उत्तर भी गणित से मिला है । तारों में वेग है । इसलिए प्रत्येक दो तारों की दूरी सदा एक-सी नहीं बनी रहती है । तारों के बीच गुरुत्वाकर्षण रहता है । दूरी के अनुसार गुरुत्वाकर्षण कम या अधिक रहता है, परंतु प्रभाव सदा यही पड़ता है कि दीर्घगामी तारे का वेग कुछ घट जाता है, मंद गति से चलने वाले तारे का वेग कुछ अधिक हो जाता है । तारापुंजों के तारों पर बाहरी तारों का भी ऐसा प्रभाव पड़ेगा कि धीरे-धीरे पुंज बिखर जायगा । रोहिणी तारापुंज हमारे पास है । इस पुंज का सब से घना भाग हम से कुल १३० प्रकाश वर्ष पर है । इस पुंज के प्रत्येक सदस्य को हम जानते हैं । प्रायः सभी सदस्य एक दूसरे के समानांतर और लगभग एक ही वेग से जा रहे हैं । आगामी अरब वर्षों में इस पुंज की गति क्या होगी हम गणित द्वारा बताना सकते हैं । धीरे-धीरे इस के सदस्य बिखर जायेंगे और अरब वर्षों में वे अपनी-ही-अपनी दूरी पर छिटक जायेंगे जितनी-जितनी पर सूर्य के आस-पास तारे छिटके हुए हैं । तारापुंज का दीर्घ बिखरना मुमकिन नहीं है । जो सदस्य बाहरी तारे के आकर्षण से कुछ अधिक विचलित हो जाता है उसे पुंज के अन्य सदस्य अपनी ओर खींच लाने की चेष्टा करते हैं । बात कुछ ऐसी ही है जैसे ज्वार-भाटा के उठने में है । बाहरी पिंड के आकर्षण से ज्वार-भाटा उत्पन्न होता है, परंतु बाहरी पिंड के हट जाने पर ज्वार-भाटा बंद जाता है, इसी प्रकार किसी बाहरी तारे के समीप आ जाने पर पुंज के तारे उससे कुछ विचलित हो जाते हैं, परंतु बाहरी तारे के दूर चले जाने पर वे फिर प्रायः पुछनी जगह आ जाते हैं; तो भी कुछ प्रभाव स्थायी रूप से सदा के लिए पड़ ही जाता है । पुंज थोड़ा बिगड़ जाता है । कुछ तारापुंजों में इनका कम इत्थं है कि वे दीर्घ तिनर-तिनर हो जायेंगे ; परंतु रोहिणी-तारापुंज स्थाई समतुल्य में (स्टेबल) है । यह दीर्घ न बिखरेगा । अनुमान बिया गया है कि इसके इतना बिखरने में कि यह पहचान न पड़े ५ सत्रह बरस लगेंगे । इतिहास तारापुंज रोहिणी-तारापुंज से अधिक घना है । इसके बिलीन होने में अधिक समय लगेगा ; सम्भवतः २० अरब बरस लगेंगे । मोल्दाबार तारापुंज संभवतः अभी न बिलीन हुंले ।

यह भी प्रश्न उठता है कि क्या नये तारापुंज बन सकते हैं । गणित का उत्तर यही है कि यह प्रायः असंभव है । बाहरी तारे आते जायें और एक दूसरे के आकर्षण में उलझ कर तारा-पुंजों का निर्माण करें यह अनहोनी-नी बात जान पड़ती है । इसलिए समय पाकर तारापुंजों का बिनाश ही होगा । उनके स्थान पर नवीन तारापुंज न आ सकेंगे ।

अब यह प्रश्न उठता है कि जब बिम्ब की मूर्ति हुई तो क्या आज से बहुत अधिक तारापुंज थे । इसका उत्तर इस पर निर्भर है कि बिम्ब की मूर्ति बर हुई । हम इस प्रश्न को उलट कर पूछें तो अधिक लाभदायक उत्तर मिलता है । प्रश्न यह होगा कि वर्तमान तारापुंजों की देखते हुए क्या यह नहीं कहा जा सकता कि बिम्ब अधिक-से-अधिक बिड़ना पुछना होगा ? यदि

विश्व बहुत ही पुराना होता तो सभी तारापुंज अब तक विलीन हो गये होते । अब भी तारापुंज हैं, यह इस बात का प्रमाण है कि हमारा विश्व अनंतकाल से ही नहीं चला आया है । वस्तुतः गणना से पता चलता है कि हमारा विश्व १० अरब वर्षों से अधिक प्राचीन नहीं है । इसकी तुलना भूगर्भ-विज्ञान से प्राप्त आयु से करने पर हम देखते हैं कि प्रायः सभी दृष्टि-कोणों से विश्व की आयु कुछ अरब वर्ष जान पड़ती है ।

सारास

इस पुस्तक को समाप्त करने के पहले हम नीहारिका-संबंधी ज्ञान का सारास दे देना चाहते हैं ।

सूर्य के चारो ओर ग्रह प्रदक्षिणा करते हैं । इन ग्रहों में से एक ग्रह पृथ्वी है । पृथ्वी सूर्य से सवा नौ करोड़ मील दूर है । गणित भी क्या आश्चर्यजनक विद्या है कि बड़ी-से-बड़ी सख्याओं को छोड़े में प्रकट कर लेती है । लखपती या करोड़पती शब्द से परिचित होने के कारण, या भारत सरकार के बजट में कई अरब रुपये की चर्चा सुनते-सुनते, अथवा पिछले अध्यायो में कई अरब वर्षों या कई खरब मील के उल्लेख से, संभव है पाठक सवा नौ करोड़ मील को कुछ विशेष अधिक न समझे । परंतु यह सख्या बहुत बड़ी । यदि हम रेलगाड़ी से सूर्य तक जाना चाहें और यह गाड़ी बिना रुके हुए बराबर ठाक गाड़ी की तरह ६० मील प्रति घंटे के हिसाब से चलती जाय तो हमें वहाँ तक पहुँचने में (यदि हम मायों में भ्रम न हो जायें, या बुझाये के कारण हमारी मृत्यु न हो जाय) १७५ वर्ष से कम न लगेगा । रेलगाड़ी के वर्तमान दर से तीसरे दर्जे से आने-जाने का खर्च अठ्ठावन लाख रुपया हो जायगा । इस यात्रा के लिए यदि स्टेशन-मास्टर मोट लेना न स्वीकार करे और सीना १०० रुपया प्रति तोला हो तो हमको लगभग १८ मन सोना किराया में देना पड़ेगा ! *

परंतु सूर्य की यह आश्चर्यजनक दूरी तारों की दूरी के सामने तुच्छ है । यदि हम सूर्य की दूरी को नक्षत्रों में एक इंच से निरूपित करें तो निकटतम तारा उस नक्षत्रों में पाँच मील पर पड़ेगा । इससे स्पष्ट है कि तारे बहुत दूर-दूर पर स्थित हैं । हमारा सूर्य भी एक तारा है और ग्रह सब इसी के परिवार में हैं । सूर्य का निकटतम पड़ोसी तारा इतनी दूर पर है कि वहाँ से अच्छे दूरदर्शक से भी हमारी पृथ्वी दिखाई न पड़ेगी । पाँच मील की दूरी से एक इंच की दूरी जितनी नगण्य है, वैसे ही निकटतम तारे से पृथ्वी और सूर्य के बीच की दूरी नगण्य है । इस पैमाने पर पृथ्वी तो इंच के दस हजारवें भाग से भी छोटी पड़ेगी । पृथ्वी को निकटतम तारे से परदा करने की कोई आवश्यकता ही नहीं ; बिना परदे के ही वह अदृश्य रहेगी !

सूर्य और जितने भी तारे हमें दिखाई पड़ते हैं सब एक विशेष समूह में हैं, जिसे हम मंदा-विनी-सत्या कहते हैं । जब निकटतम तारा हम से इतनी दूरी पर है, जितनी ऊपर बताया गया

हैं और हम जानते हैं कि हमारी मंदाकिनी-संस्था में नहीं कुछ तो एक खरब तारे होंगे, जो एक दूसरे से इसी प्रकार दूर-दूर पर बसे हुए हैं, तब मंदाकिनी-संस्था कितनी बड़ी होगी? अवश्य ही यह हमारी कल्पना-शक्ति के परे है। एक खरब तारों की कल्पना ही विकट है। "प्रथम बार तो ऐसा जान पड़ता है कि कोरी आँख से दिखाई पड़ने वाले तारे ही असंख्य होंगे। परंतु गिन कर देखा गया है कि कोरी आँख से एक समय में ३,००० से अधिक तारे कभी दिखाई नहीं पड़ते। संपूर्ण आकाश में कुल ६,००० तो तारे हैं ही, और हमें एक बार में आधे से अधिक आकाश दिखाई नहीं पड़ता। गिनने को कौन बहे, इन ६,००० तारों के नाम या नंबर पड़े हैं और उन की सूची छपी है। अब अपनी मंदाकिनी-संस्था के तारों की कल्पना करने के लिए यदि हम सोचें कि आकाश में दिखाई पड़ने वाले ३,००० तारों में से प्रत्येक फूट कर अपने ही बराबर ३,००० तारों में प्रस्फुटित हो जाता है तो भी हमें कुल ९० लाख तारे मिलेंगे! मंदाकिनी-संस्था के १ खरब तारों की सत्या के आगे यह कुछ नहीं है।"*

यदि हम अपनी मंदाकिनी-संस्था की प्रतिमा "पैमाने के अनुसार बनाना चाहें और हमारी समूची प्रतिमा कुम्हार के चाक के बराबर हो तो इस प्रतिमा में हमारी पृथ्वी सूक्ष्मतम कण से भी छोटी होगी!! वस्तुतः वह इतनी छोटी होगी कि किसी भी सूक्ष्मदर्शक यंत्र से हम को वह न दिखाई पड़ेगी!!!" सूर्य भी कठिनाई से मिल पायेगा।

हमारी मंदाकिनी-संस्था का रूप बहुत कुछ कुम्हार के उस चाक की तरह है, जिसके बीच में ऊपर और नीचे मिट्टी के अर्धगोल चिपका दिये गये हों।

हमारी मंदाकिनी-संस्था में केवल तारे ही नहीं हैं। उस में बादल की तरह सफेद नीहारिकाएँ, काली नीहारिकाएँ, तारापुंज और गोलाकार तारापुंज भी हैं। सर्वत्र थोड़ी धूल भी फैली है। जहाँ यह धूल अधिक हो गई है, वहाँ वह काली नीहारिका-सी जान पड़ती है। जहाँ किसी अति तप्त तारे के पराकाशनी प्रकाश से धूल चमक उठती है वही वह द्रवत बादल के समान प्रसृत नीहारिका-सी जान पड़ती है। साधारण तारापुंज व तारापुंज हैं जहाँ दो-चार सौ या कम तारे, सयोग से या उत्पत्ति के समय के किसी विरोध कारण से, एकत्र हो गये हैं। गोलाकार तारा-पुंजों में कई हजार तारे एक साथ रहते हैं और वे देखने में अत्यंत सुन्दर लगते हैं। उनका क्या भौतिक अर्थ है, कोई कह नहीं सकता, परंतु वे हमारी मंदाकिनी-संस्था से संबंधित हैं। ये उसी को घेरे हुए हैं और अपेक्षाकृत उसी के पास हैं।

जिस प्रकार हमारी मंदाकिनी-संस्था है, उसी प्रकार प्रायः असंख्य अन्य संस्थाएँ हैं। इन्हें अगम नीहारिका, द्वीपविद्वय या ब्रह्मांड कहते हैं। उनकी संरचना बहुत-कुछ वैसी ही है जैसी हमारी मंदाकिनी-संस्था की। अविनाश ऐसी नीहारिकाएँ नाभ में प्रायः उतनी ही बड़ी हैं जितनी हमारी मंदाकिनी संस्था। प्रत्येक में कई अरब या खरब तारे होंगे। अधिकांश

का रूप कुम्हार के चाक की तरह परंतु बीच में फूला हुआ होया। बीच वाले गोलाभ भाग को चारों ओर से घेरने वाले भाग में पदार्थ चाक की तरह अटूट नहीं, कुछ-कुछ सांप की कुंडली की तरह सर्पिलाकार है। एक चौपाई नीहारिकाएँ नारंगी की तरह चिपटी हैं और विश्वास किया जाता है कि सुदूर भविष्य में उनमें भी सर्पिलाकार भुजाएँ निबल आयेंगी।

अपेक्षाकृत निकट अमाग नीहारिकाओं का रूप उनके फोटोग्राफों से स्पष्ट हो जाता है। इस पुस्तक में दिये गये चित्रों से उनका रूप पाठकों को भी स्पष्ट हो गया होगा, परंतु स्मरण रखना चाहिये कि नीहारिकाओं के घरातलो से हम कभी नम, कभी अधिक, बाहर हो सकते हैं और कभी-कभी ठीक उसी घरातल में हो रहे सकते हैं। इसलिए ठीक एक ही रूप की दो नीहारिकाएँ हमें कम या अधिक चिपटी दिखाई दे सकती हैं, ठीक उसी प्रकार जैसे रकाबी का सच्चा ध्वज बनाने में चित्रकार अपने दृष्टिकोण के अनुसार उसे कम या अधिक दीर्घवृत्ताकार बना सकता है।

ये अगांग नीहारिकाएँ एक-दूसरे से दूर-दूर पर बसी हैं। हम देख चुके हैं कि यदि हम एक को दिल्ली शहर से निरूपित करें तो दूसरी वही मेरठ के पास जा कर पड़ेगी। इस प्रकार नीहारिकाएँ, यद्यपि वे स्वयं ही बहुत बड़ी हैं, अपेक्षाकृत बहुत दूरियों पर स्थित हैं।

जहाँ तक वर्तमान दूरदर्शकों से पता चला है नीहारिकाओं का कोई अंत नहीं है। अंतरिक्ष में वे प्रायः सम रूप से बसी हैं, अर्थात् उनका घनत्व सब जगह प्रायः बराबर है। कुछ नीहारिका-पुंज अवश्य हैं, परंतु वे इतने सघन नहीं हैं कि तारापुंजों के समान सघन लगे। क्या अगांग नीहारिकाएँ भी स्वयं समूहों में रहती हैं? इस प्रश्न का उत्तर हम अभी नहीं दे सकते; हमारे वर्तमान दूरदर्शक इतने शक्तिशाली नहीं हैं कि वे कई सख नीहारिकाएँ दिखा सकें; और यदि नीहारिकाएँ समूहों में विनक्ति होंगी भी, तो एक-एक समूह में एक-दो सख नीहारिकाओं से कम क्या होंगी!

नीहारिकाओं का आरंभ कैसे हुआ? उनका भविष्य क्या है? इन प्रश्नों का उत्तर ठीक-ठीक देना असंभव है। सिद्धांत हम बना सकते हैं, उन सिद्धांतों से हम कई बातें समझ सकते हैं, परंतु सब नहीं। कहीं-कहीं कठिनाई रह जाती है। नूतनतम सिद्धांत जीन्स का है। उस के अनुसार आरंभ में सब पदार्थ प्रायः समरूप से सर्वत्र बिखरा हुआ था। उस में तरंगें उठी और पदार्थ कहीं-कहीं घनीभूत होने लगा। सघन पदार्थ ने पास-पड़ोस के द्रव्य को आकर्षित कर लिया। इस प्रकार बड़े-बड़े पिंड बन गये। आकर्षण के कारण वे संकुचित हुए और इस-को बलपूर्वक संकुचित करने से पथ गरम हो जाता है। जब वे इतने गरम हो उठे कि उन में विशेष एटम नष्ट-भ्रष्ट हो सकें तो वहाँ यह क्रिया आरंभ हो गई। इस प्रकार वहाँ और भी ताप उसी प्रकार उत्पन्न हुआ जैसे एटम-बम में उत्पन्न होता है। कभी एटमों के टूटने से, कभी संकुचन से, तारे तप्त होते रहे और इस प्रकार आकाश में दिखाई पड़ने वाले सभी तारे उत्पन्न हुए। इसी प्रकार अगांग नीहारिकाएँ भी उत्पन्न हुईं, जो वस्तुतः बहुत से तारों के समुदाय-मात्र हैं। तारे

संकुचित और गरम होते-होते ऐसी अवस्था में कभी आ जायेंगे कि और अधिक संकुचित होना उनके लिए असंभव होगा। तब वे धीरे-धीरे ठंडे होने लगेंगे। आकाश में ऐसे तारे देखे भी गये हैं जो अत्यंत संकुचित अवस्था में हैं और संभवतः ठंडे हो रहे हैं। हमारा सूर्य भी इसी प्रकार का तारा है। अभी वह महत्तम धनता तक नहीं पहुँच सका है। संभवतः वह और भी तप्त होगा; तब वह ठंडा होने लगेगा। संभव है सूर्य के अधिक तप्त होने के कारण पृथ्वी पर जीव-जंतु जल-भुन कर भस्म हो जायें।

सूर्य के वात्यकाल में ही किसी तारे से उसकी मूठमेढ़ हुई होगी। यह नहीं कि वह तारा सूर्य से भिड़ ही गया होगा। वह तारा सूर्य के बहुत पास से, संभवतः सूर्य के व्यास की दुगुनी-तिगुनी दूरी पर से होता हुआ, निकल गया होगा। उससे सूर्य में ऐसी उथल-पुथल मची होगी कि कुछ द्रव्य छटक कर अलग हो गया होगा, या यों कहिये कि तारा अपने आकर्षण द्वारा हमारे सूर्य से कुछ द्रव्य नोचता हुआ निकल गया होगा, परंतु इस प्रकार नुचे हुए माल को वह स्वयं पा न सका होगा; यह द्रव्य सूर्य के पास ही रह गया होगा। निकलने के तिरछे वेग के कारण यह द्रव्य सूर्य की चारों ओर नाचने लगा होगा, और इसलिए सूर्य के आकर्षण से वह द्रव्य सूर्य में न गिर सका होगा। वह द्रव्य मछली के आकार का लंबे रूप में रहा होगा, जो पीछे खंडित हो गया होगा। बीच के मोटे खंड से सब से बड़ा ग्रह बृहस्पति बन गया होगा। किनारे-किनारे छोटे ग्रह बने होंगे; बृहस्पति की एक ओर मंगल, पृथ्वी, शुक और बुध हैं; दूसरी ओर शनि, यूरेनस, नेपच्यून और प्लूटो। सूर्य के ही आकर्षण के कारण पृथ्वी की अर्ध पिघली दशा में एक भाग नुच कर चंद्रमा बना होगा। इस प्रकार भारत के प्राचीन ऋषियों की यह धारणा कि चन्द्रमा पृथ्वी से ही निकल कर आकाश में पहुँचा है आज वैज्ञानिक सत्य-सी जान पड़ती है।

अनुक्रमणिका

व्यंतीरकीय मूलि, ३३

—सैत, ३३

वगंग नीहारिकाएँ, २८, ४२

अतिदेश्य तारे, १७

अनुनाद, ६२

अरेबिषा वेधशाला, १४

अलमाजेट्ट, १३

अलसूफी, १३

अवातर ग्रह, ■

आइनस्टाइन, ५२

आइलैंड यूनिवर्स, १९

आकाश, नीलिमा, ३२

आकाशगंगा, ३

—, आकाश गया, कोरी आँख से, १९

इडेक्स कंटलग, १४

इतिहास, १३

—, फोटोग्राफी वा, १४

उत्पत्ति, ग्रहीय नीहारिकाओं की, ३६

—, ग्रहों की, ६०

—, तारा युग्मों की, ५९

—, बिन्दु की, ५६

एडिंगटन, ५६

एन० जी० सी०, १३

एरॉग, ७

ऐंड्रोमिडा, ३

ऐटम बम, ५२

ओर्ट, ३१

बन्धा तारापुञ्ज में नीहारिका-युज, ४७

कटिस, १४

कॉमन, १४

काली नीहारिकाएँ, ४

—, दूरी, ३४

काली रेखाएँ, घणपट में, १०

किचपिचिया, १४, २१

कीलर, १४

कुत्तिवा, ३६, ३८

केतु, १९

केज तारायुज, ३७

कंट, ५७

कंटाइन, २३

कोयले वा बोरा, २०

क्षेत्रमापक, ६

गांग तारापुज, ३८

गांग नीहारिकाएँ, २८

गिनती, तारों की, ४

गुलिवर, ५४

गैलीलियो, १३

गैलेक्सी, ३

गोलानार तारापुज, ३७, ४८

गोलाम, ५७

ग्रह, ३

—, उत्पत्ति, ६०

ग्रहीय नीहारिकाएँ, २८, ३४

—, घणपट, ३४

ग्लोब्युलर क्लस्टर, ३७

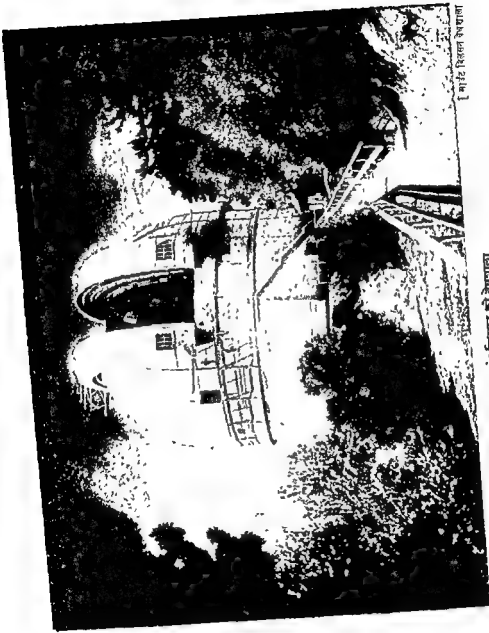
घनत्व, बामन तारों वा, ५३

धूमना, नीहारिकाओं वा, ५१

धोइमूही नीहारिका, २९

नूतन तारा, ३६
 नेब्युलर हाइपोथेसिस, ५७
 नेब्युला, ३
 नेब्युलियम, ३५
 न्यूक्लियाइ, ५३
 न्यूटन, ५६
 पासा मीहारिका, १७
 पुच्छल तारे, ४
 प्रकाश-वायु, ३१
 प्रकाश-वर्ष, ८
 प्रसरणशील विश्व, ५६
 प्रसृत मीहारिकाएँ, २८
 प्रेसिपी, २२
 प्रोटन, ५३
 प्लाइडोज, २१
 फोटोप्राफी, ११
 बबुल तारे, ३८
 बामन तारे, ५१
 बारनार्ड, १४
 बोवेन, २९
 बोने, १७
 ब्रह्मांड, १९
 ब्रूस दूरदर्शक, १४
 ब्रूस, मिस कैथरिन, १६
 ब्लीमफानटाइन, १४, ५०
 भविष्य, तारापुंजों का, ६३
 —, सूर्य का, ५४
 —, सौर जगत् का, ६२
 भीम तारा पुंज, २२
 मंडाकिनी, ३
 मंडाकिनी-संस्था, १९
 माउन्ट विल्सन, ३
 मिल्की वे, ३
 मृग की गूहत् मीहारिका, १३, २२

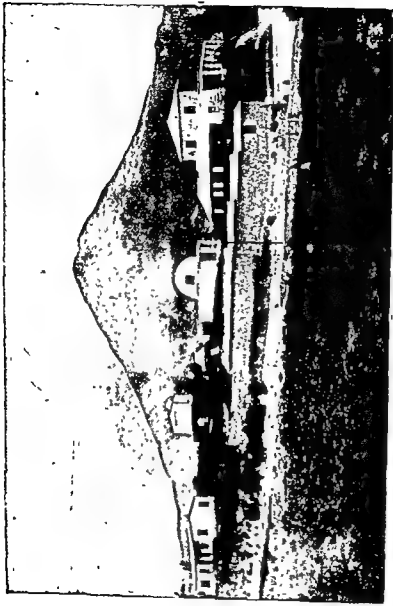
मेसिये, ४, १३
 —कम-संख्या, ४
 —'३३', २६
 मंगलन, ३
 —मेघ, ३, १६, १८
 मंत्र, ज्योतिषियों के, ३
 युग्म तारा, ३८
 युरेनस, १३
 रॉबर्ट्स, १४
 राशि, २१
 राशिचक्र-प्रकाश, ६१
 रिची, १५
 रोहिणी, ३६
 लपूटा, ५४
 लाप्लास, ५७
 लिडब्लाड, ४४
 लीविट, १६
 वर्गीकरण, अर्गाय मीहारिकाएँ, ४३
 वर्णपट, ८
 वर्णपट, तारापुंज का, ३९
 विकास, मीहारिकाओं का, ४४
 वितरण, अर्गाय मीहारिकाओं का, ४५
 —, गाय तारापुंजों का, ४०
 गृध्र राशि में आकाशगंगा, २०
 गृध्रमिका, २२, ३६
 गूहत् चीर, २०
 होल्ड, १४, ३४
 होपली, १४, ३७, ५६
 हिमट दूरदर्शक, ५०
 श्रेणी, तारों की, ११
 सप्तर्षि-मण्डल का तारापुंज, ३९
 सापेक्षवाद, ५२
 साधन, ६४



[माउंट विस्मय केपराता]

माउंट विस्मय को बेधराता

यहाँ ममार का मर से बड़ा तालयुक्त इस्लाम है । यह एक सज्जन के दान से बना है ।



[शास्त्राई विद्यालय]

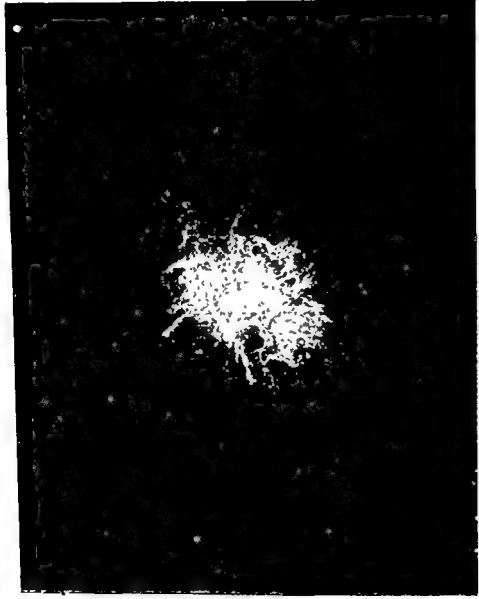
अरेबिया की येथाला ।

यहाँ से नौद्वारिकाओं के अनेक फोटोग्राफ लिये गये थे ।

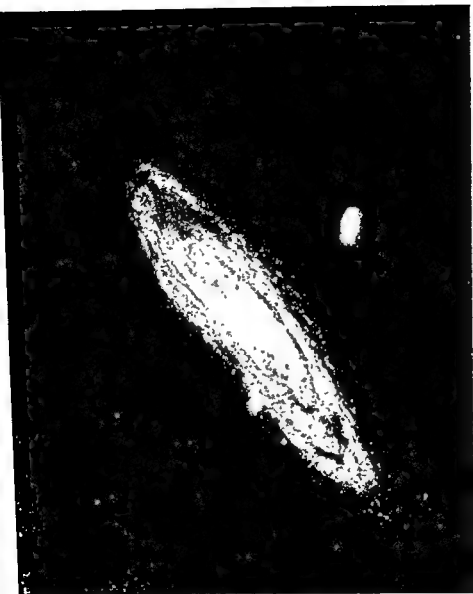


भूग तारामंडल की बृहत् नौहारिका (एन० जी० सी० १९७६, मेसिये ४२)

यह प्रमत्त नौहारिका है। अनुमान किया जाता है कि यह निजी चमक से नहीं, ताम-ग्रहों के तारों के कारण चमकती है। [१०० इंच वाले दूरदर्शक में]



युव तारामंडल में 'कॉकट' नीहारिका (एन० जो० सी० ११५२; देखिय १)
यह प्रसृत नीहारिका है। (लाल प्रकाश में २०० इंच वाले टूरलॉक से लिया गया फोटो।)



बेघपानी तारामंडल की बृहत् नोहारिका (एन० जी० सी० २२४, मेसिये ३१)

इस नोहारिका में भूजाल् दिशाओं पर नहीं है, परन्तु वे बहुत स्पष्ट नहीं हैं क्योंकि इसकी परातल में हमारी दृष्टि ऐसा छोटा ही कोण बनाती है। अन्य गति नोहारिकाओं की तरह यह भी बुझार की शक्ति की तरह होगी। [माउंट पाकोमर के ६८ इंच बाई निमेट इन्स्ट्रुमेंट में।]



त्रिकोण तारामंडल की सर्पिल नीहारिका (एन० ओ० सी० ५९८ मेसिये ३२)
 देखें इसकी मुजाएँ स्पष्ट दिखाई पड़ती हैं। लाल प्रकाश में फोटो; माउंट पैलोमर
 के ४८ इंच वाले रिमिट दूरदर्शक से।



भूगर्भाशुन तारामंडल की सपिल नोहारिका (एन० जी० सी० ४२४४)

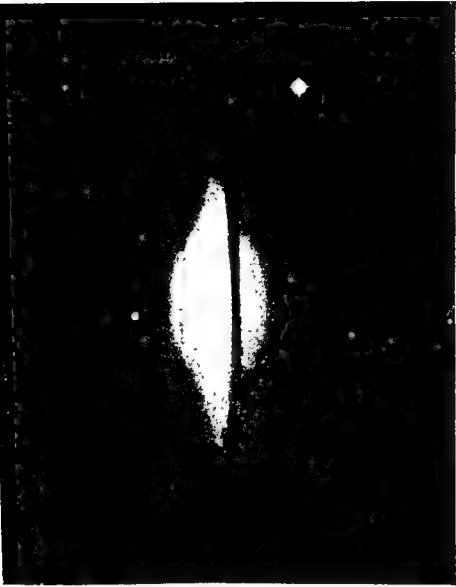
हम इसे इसकी ओर की दिशा से देखते हैं क्योंकि हम इसके घरातल में हैं। इसी लिये यह नोहारिका हमें लंबी रेखा-सी दिखायी
 पता रही है। परंतु अनुमान बिना जाता है कि अन्य सपिल नोहारिकाओं की तरह इसमें भी भूजाएँ होंगी [२०० इंच वाले दूरदर्शक से]।





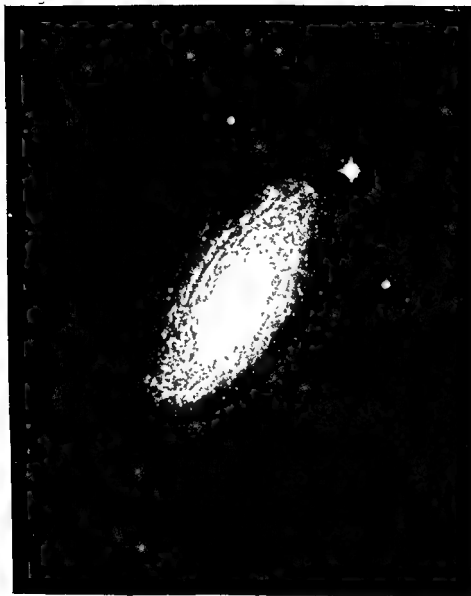
केश तारामंडल की सपिल नौहारिका (एन० जी० ४५६५)

अनुमान किया जाता है कि अन्य सपिल नौहारिकाओं की तरह यह नौहारिका भी कुम्हार की चाक की तरह होगी। हम इसके परावल में हैं; इसी से यह हमें सभी रेखा-सो दिखायी पड़ती है। [२०० ई० वाले दूरदर्शक से]



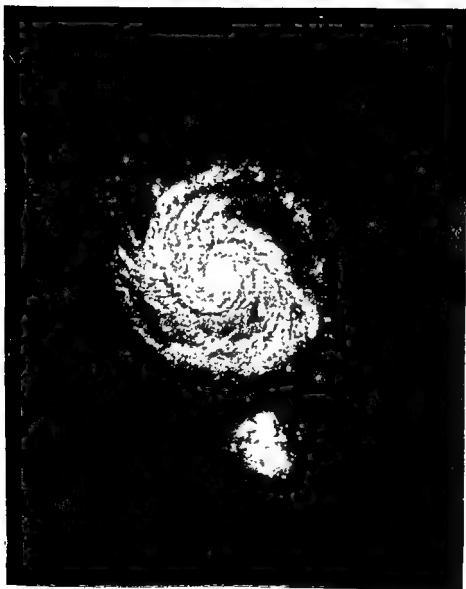
कन्या तारामंडल की एक सपिल नोहारिका (एन० जो० ४५९४)

अन्य सपिल नोहारिकाओं की तरह यह नोहारिका भी कुम्हार की चाक की तरह होगी। इसे हम प्रायः इसकी कोर की दिशा से देख रहे हैं; इसीलिये इसकी भुजाएँ हमें नहीं दिखायी पड़ती। बीच का गोलाकार भाग अन्य नोहारिकाओं की अपेक्षा इसमें अधिक विस्तृत है। [२०० इंच वाले दूरसंकेत से।]



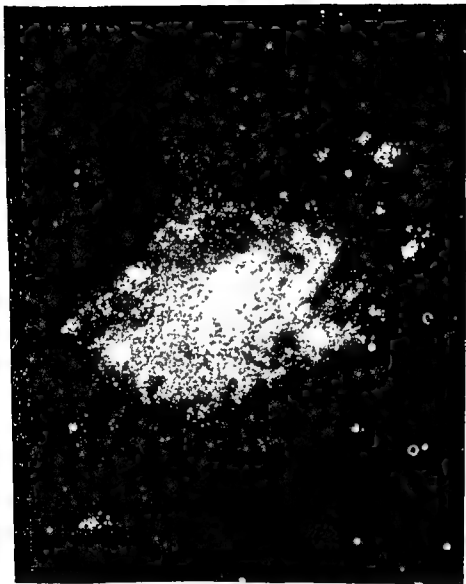
सप्तर्षि तारामंडल की सर्पिल नीहारिका (एन० जी० सी० २८४१)

संभवतः यह नीहारिका भी वृत्ताकार (कुम्हार की चाक की तरह गोल) होगी। तिरछी दिखायी पड़ने के कारण ही यह अंडाकार जान पड़ती है। [२०० इंच वाले दूरदर्शक से।]

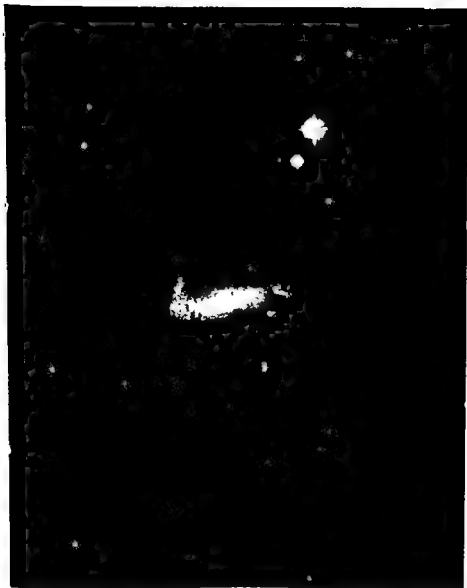


भूगोलाज्ञान तारामंडल की दूसरी सपिल नीहारिका
(एन० जी० सी० ५१९४; मेसिये ५१)

इसकी मुजाएँ बहुत ही स्पष्ट दिखायी पड़ती हैं । [२०० इंच वाले दूरदर्शक से ।]



जिराफ तारामंडल की सपिल नीहारिका (एन० जी० सी० २४०३)
इसकी मुजाएँ स्पष्ट दिखायी पड़ती हैं क्योंकि इसका धरातल हमारे दृष्टि-रेखा
पर लब है । [२०० इंच वाले दूरदर्शक से ।]



अगाध तारामंडल की दंडमय सपित भीहारिका (एन० बी० सी० ७७४१)
 देखें कि बीच में एक दंड-सी श्वेत रेखा है जो सम्मुख भुजाओं को मिलाती है । इसी
 से इसे दंडमय भीहारिका कहते हैं । [२०० ईच वाले दूरदर्शक से ।]



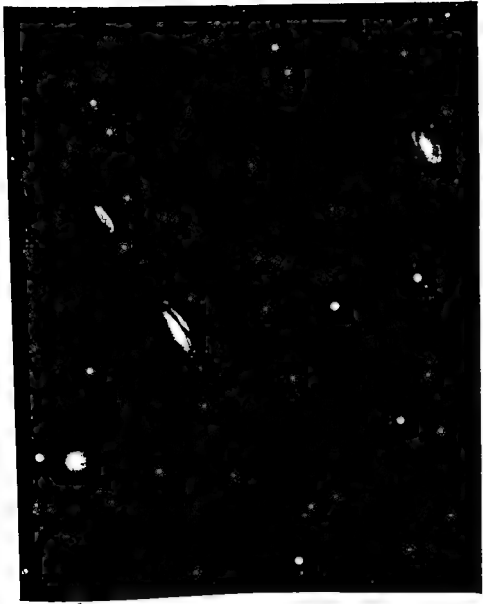
अन्या तारामंडल की एक अन्य सर्पिल नोहारिका
(एन० जी० सी० ५२४७)

देखें कि इसकी भुजाएँ स्पष्ट दिखायी पड़ रही हैं।
[लिक वेभगाला; ३६ इंच वाले दूरदर्शक से।]
दूरदर्शक से।]



अन्य तारामंडल की सर्पिल नोहारिका (एन० जी० सी० ७४७९)

देखें कि इसकी भुजाएँ पूर्णतया स्पष्ट दिखायी पड़ रही हैं।
[माउंट विलसन के ६० इंच वाले दूरदर्शक से।]



तिह तारासंज्ञक को तारा नीहुरिकाएँ

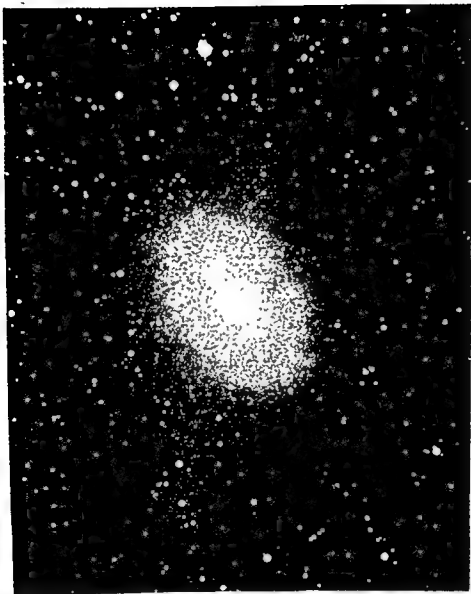
एन० जी० सी० ३१८५ (जाति—एस-बी-सी); एन० जी० सी० ३१८७ (जाति—एस-बी-सी); एन० जी० सी० ३१९० (जाति—एस-बी); एन० जी० सी० ३१९० (जाति—ई २) । [२०० इंच वाला दूरदर्शक से ।]



उत्तर किरीट तारामंडल में नीहारिका-गुच्छ ।
दूरी लगभग १२ करोड़ प्रकाश-वर्ष । [२०० ई.व. वाले दूरदर्शक से]

११ नौ, नौशेरिका का दक्षिणी भाग

देखें कि छोटे पैमाने पर लिये गये फोटोग्राफों में जो भाग केवल बादल-से जान पड़ते हैं वे वस्तुतः अतिसूक्ष्म तारों के समूह हैं, जैसा इस चित्र से स्पष्ट है। [१०० ब्रैच वाले दूरदर्शक से; छायाकार : हबल।]



देवयानी तारागण्डल की छोटी नीहारिका (एन० जो० सी० १४७)
 दर्से कि नीहारिका असंख्य तारों से बनी है। लाल प्रकाश से फोटो।
 [२०० इंच वाले दूरदर्शक से।]



बोणा तारामंडल की ग्रहीय नीहारिका

बिखरात किया जाता है कि केंद्रीय तारे से निकले पदार्थ से यह नीहारिका बनी है और केंद्रीय तारे के पराकाष्ठनी रश्मियों से पुनः होकर यह चमकती है। [छायाकार: रिचो।]

